

치면열구전색제의 광중합 후 표면 처리 방법에 따른 미반응 모노머 용리 비교

이상우 · 박호원 · 이주현 · 서현우

강릉대학교 치과대학 소아치과학교실 · 구강과학연구소

국문초록

본 연구에서는 치면열구전색제 중합 후 표면의 미반응 모노머 층을 임상에서 이용할 수 있는 다양한 방법으로 제거하고, 고성능 액체 크로마토그래피를 이용하여 미반응 모노머를 정량분석 함으로써 미반응 모노머의 제거효과를 비교 평가하고자 하였다.

표면처리 방법에 따라 광중합 후 표면을 어떤 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 각각의 시편을 3차 증류수에 넣은 후 37℃ 항온수조에서 10분간 보관한 후 각각의 용리액을 HPLC를 이용하여 정성 및 정량분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표면처리를 하지 않은 군과 표면처리를 시행한 모든 군에서 TEGDMA를 제외한 어떠한 모노머들도 검출되지 않았다.
2. 표면처리를 한 모든 군은 표면처리를 하지 않은 군에 비하여, 용리되는 모노머량이 유의할 만하게 감소하였다(P<0.05).
3. 퍼미스와 러버컵을 이용해 표면처리한 군에서 잔존 모노머 제거효과가 다른 군에 비해 유의성 있게 높았다(P<0.05).

주요어 : 치면열구전색제, 모노머, 고성능 액체 크로마토그래피, 표면처리

I. 서 론

치과용 수복재로 널리 이용되는 복합레진은 치질에 결합하는 능력이 우수하고 경화속도가 빠르며 심미성이 우수하여, 다양한 형태로 임상에서 널리 사용되고 있다. 1급 와동에서 5급 와동까지의 수복은 물론 시멘트, 코어축조, 그리고 치면열구전색제까지 그 용도는 매우 다양하다¹⁾.

치면열구전색제는 어린이의 치면열구우식증의 예방에 아주 효과적임이 증명되어 왔고, 여러 종류의 전색제 중 레진 계열의 광중합형 치면열구전색제가 유지력이 좋아 널리 이용되고 있다²⁾.

광중합형 레진계 치면열구전색제의 주성분으로는, 2,2-bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy) phenyl] propane(Bis-GMA), urethane dimethacrylate(UDMA), triethylene glyco-1 dimethacrylate(TEGDMA), benzoyl peroxide, methyl methacrylate 등이 있고, 광중합 시 Bis-GMA, UDMA, TEGDMA가 반응하여 3차원적 구조를 형성한다³⁾. 그러나, 광중합형 레진 수복재는 광중합 시 완전 중합에 도달하기가 불가능하고, 그로 인해 미반응 모노머(monomer)들이 용리될 가능성이 있는 것으로 보고되고 있다⁴⁻⁶⁾. 이러한 미반응 모노머의 독성작용에 대한 임상적 증상들이 다수 보고되었는데, 치과종사자의 피부염(dermatitis)이 가장 많이 발생하며, 피부 가려움, 홍반, 경결, 기관지 수축 등이 보고되었고, 복합레진에 의한 구강 내 알러지 반응으로 복합레진 수복 수 시간 이내에 구강 점막 및 구순의 홍반 및 소포 형성, 기관지 경련(bronchospasm), 전신의 담마진, 얼굴, 귀 및 구순의 포진 등이 보고된바 있다⁷⁻¹²⁾. 또한, 임상에서 치면열구전색 후에 환자가 쓴맛 또는 혀의 작열감을 호소하는 경우가 있는데, 이는 광

교신저자 : 박 호 원

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

※ 본 연구는 2005년도 강릉대학교 치과병원 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

중합 후 용리되는 미반응 모노머 때문이 아닌가 의심해 볼 수 있다.

미반응 모노머의 용리에 대한 실험적 연구로는 Oysead 등¹³⁾이 용매로 물을 이용하여 용출물을 정량분석하였고, Ferracane과 Condon¹⁴⁾은 물과 75% 에탄올을 용매로 미반응 모노머를 용출하였다. 이러한 연구의 대부분은 미반응 모노머를 용출하여 양을 분석하거나 세포독성에 관한 연구만 수행하였으 며¹⁵⁻¹⁹⁾, 임상적으로 치면열구전색제에서 미반응 모노머를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구로는 Rueggeberg 등¹⁾의 퍼미스와 리버컵을 이용한 기계적 제거방법의 평가 외에는 거의 없는 실정 이다.

미반응 모노머를 측정할 수 있는 방법으로 고성능 액체 크로 마토그래피(High Performance Liquid Chromatography)를 주로 사용하는데, 이는 보통의 액체 크로마토그래피 보다 고정 상의 입자 크기를 작게(20 μ 이하)하고, 가는 컬럼(column)과 고압을 이용하여 분리능을 증가시키는 방법이다. 이를 이용할 경우, 여러 종류의 혼합물을 고해상도로 분리하여 극히 미량의 시료까지도 분석이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 치면열구전색제 중합 후 표면의 미반응 모노 머 층을 임상에서 이용할 수 있는 다양한 방법으로 제거하고, 고성능 액체 크로마토그래피를 이용하여 미반응 모노머를 정량 분석 함으로써 미반응 모노머의 제거효과를 비교 평가하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

치과용 광중합형 치면열구전색제로는 Concise™(3M, St Paul, USA)을 사용하였고, 광중합기로는 할로겐 광을 사용하는 XL3000(3M, St Paul, USA)을 사용하였으며, 중합기의 광도 적정을 위해 광도계(Radiometer, DentAmerica, USA) 를 이용하였다. 용리된 모노머를 분석하기 위한 표준 모노머로 는 bisphenol-A(BPA, Sigma Co., USA), bis-glycidyl dimethacrylate(Bis-GMA, Polysciences Inc., USA), bisphenol-A dimethacrylate(Bis-DMA, Sigma Co., USA), triethyleneglycol dimethacrylate(TEGDMA, Sigma Co., USA), urethane dimethacrylate(UDMA, Sigma Co., USA) 등을 사용하였다.

2. 시편제작 및 표면처리

광중합형 치면열구전색제를 두께 1mm, 지름 5mm의 주형 에 일정량 충전한 후, 제조사 추천 시간에 따라 20초간 광중합 을 시행하였다. 광중합 후 표면을 어떤 처리도 시행하지 않은 군을 대조군, 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 분류하였고, 각 군당 5개씩 모두 20개의 시편을 제작하였다. 표면처리 후 각각의 시편을 5 ml의 3차 증류수에 넣은 후 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 10분간 보관한 후 각각의 용리액을 HPLC를 이용하여 정성 및 정량분석하 였다.

3. 치면열구전색제의 미반응 모노머 용리량 측정

3.9 \times 150mm의 C18 silica gel로 충전된 Nova-Pak® col- umn(Waters, Milford, USA)이 연결된 HPLC(Gilson, Middleton, USA)를 이용하여 미반응 모노머의 성분 및 양을 분석하였다. 표준 및 시험용액들은 Hamilton microsyringe (Hamilton Co., Reno, USA)를 사용하여 20 μ 씩을 Rhe- odyne sample injector(Gilson, Middleton, USA)에 manu- al injection 법으로 주입하였으며, 분석컬럼은 항상 37 $^{\circ}$ C를 유 지시켰다. 표준 모노머들의 정량분석은 각각 0.01, 0.05, 0.1, 1 mg/ml의 농도에서 측정된 분리 시간과 크로마토그램상에 나 타나는 높이를 기준으로 표준 곡선을 작성하여 시행하였다.

이동상으로는 HPLC용 acetonitrile(Merck, Frankfurt, Germany)을 사용하였으며 증류수에 acetonitrile를 50%가 되게 혼합한 용액(solution A)과 100% acetonitrile(solution B)를 적절 비율로 혼합하여, 0분에서는 100%의 solution B, 10분에서는 33%의 solution A와 67% solution B, 11분에서 는 100%의 solution B, 그리고 12분에서는 100%의 solution B가 유지되도록 농도구배를 설정하였다. 이동상의 유속은 1.0 ml/min 이었으며, UV detector를 이용하여 215nm 파장에서 검출하였다.

4. 통계분석

표면처리에 따른 모노머 용리량의 차이를 검증하기 위하여 SPSS 12.0을 사용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, Scheffe test로 사후검정을 실시하였다.

III. 연구결과

표준 모노머들의 분리 시간은 각각 BPA 2.3분, TEGDMA 3.2분, UDMA 5.6분, Bis-GMA 6.5분, Bis-DMA 10.4분 이 었다(Fig. 1).

대조군과 실험군 모두에서 TEGDMA 외에는 어떠한 모노머 들의 peak도 나타나지 않았으며 표면처리를 한 모든 군은 대조 군에 비해 용리되는 모노머의 양이 유의할만하게 감소하였다.

표면처리 방법에 따른 미반응 모노머의 제거효과는 증류수로 10초간 세척한 군, 75% 알콜에 젖은 면구로 10초간 문지른 군, 퍼미스와 리버컵을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가 가볍게 세척한 군의 순으로 증가하였다.

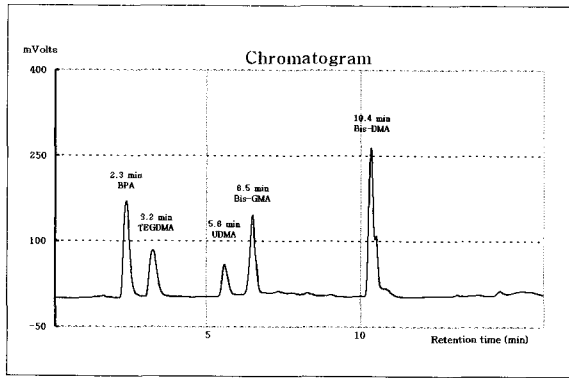


Fig. 1. A typical chromatogram of standard solutions by high performance liquid chromatography.

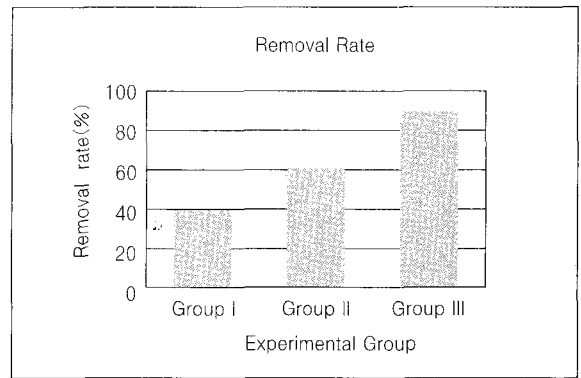


Fig. 2. Removal rate(%) of experimental groups.

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

Group	Mean(mg/ml)	SD	Removal rate(%)
Control	0.028	0.006	
Group I	0.017	0.004	39.3
Group II	0.011	0.002	60.3
Group III	0.003	0.002	89.3

Table 2. Results of inter-group comparison evaluated by Scheffe test

	Control	Group I	Group II	Group III
Control				
Group I	.002*			
Group II	.000*	.158		
Group III	.000*	.000*	.040*	

* : Statistically significant (p<0.05)

군간 비교에서 증류수로 10초간 세척한 군과 75% 알콜에 젖은 면구로 10초간 문지른 군 사이에는 통계적 유의성이 없었으나, 이 두 군에 비하여 퍼미스와 리버캡을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가볍게 세척한 군은 유의한 차이를 나타내었다(Table 1, 2, Fig. 2).

IV. 총괄 및 고찰

치면열구전색제는 수복재료 중 미반응 모노머 성분을 가장 많이 함유할 가능성이 있는데, 이것은 occlusal matrixs 없이 중합하므로 최외층이 산소와 직접 접촉함으로써 경화되지 않는 층이 형성되기 때문이다. 이 층은 산소와 반응하여 peroxy radical을 형성함으로써 나타나는 안정된 층으로 이 층의 두께는 레진의 점도가 낮은 경우 약 100 μ m 까지도 될 수 있고²⁰⁾ 이렇게 두꺼운 층은 다른 레진 수복물보다 더 많은 세포독성을 일으킬 가능성이 있다²¹⁾.

치면열구전색제가 완전한 중합을 이루지 못하게 되면, 미반응 모노머들이 구강 내에 용리되게 되는데, 이러한 모노머들의 용리는 전색제의 초기 중합 시기, 타액과의 접촉 시, 그리고 구강 내에서 유지되는 시간동안 발생할 수 있다²²⁾. 중합이 불완전하여 용리되는 모노머들은 국소적 혹은 전신적 영향을 미칠 수 있는데^{2,23)} Olea 등²⁴⁾의 연구에 따르면 치면열구전색제로부터 bisphenol-A가 유리된다고 하였으며, bisphenol-A는 estrogenicity를 가지는 성분으로 불임이나 전립선 손상, 암발생율을 높일 수 있으므로 치면열구전색제의 사용이 재평가 되어야 한다고 주장하였다.

Bisphenol-A는 Bis-GMA와 Bis-DMA의 전구물질로서 Bis-GMA 계열의 치면열구전색제를 제조하는 과정에서 완전한 합성반응이 이루어지지 않는 경우 생기게 되며, 이것은 또한 Bis-DMA의 분해산물로서 타액내의 에스테르분해효소(esterase)에 의해 Bis-DMA의 에스테르결합(ester bond)이 가수분해 되면 만들어지게 된다²²⁾. Atkinson 등²⁵⁾의 연구에 따라

면, Bis-DMA는 타액내에서 bisphenol-A로의 전환이 급격히 일어나며, 타액내 pH를 낮추거나 온도를 낮춤으로써 이 과정을 늦출 수 있다고 하였다.

하지만 Fung 등²²⁾의 연구에서는 Olea 등²⁴⁾의 연구보다 타액내에서 무려 250배나 낮은 농도의 bisphenol-A를 검출하였고, 혈청 내에서는 검출되지 않았으며, Arenholt-Bindslev 등²⁶⁾의 연구에서도 역시 0.3~2.8ppm 이하의 낮은 농도의 bisphenol-A 검출을 보고하여, 치면열구전색제로부터 용리되는 bisphenol-A의 양은 매우 작고 일상 생활에서 음식 등에 의해 노출되는 양과 유사하여 인체에 유해성을 일으킬 확실한 근거는 없다고 주장하였다. 이처럼 연구간의 차이가 나타나는 이유로 Olea 등²⁴⁾의 연구에서는 실제 임상에서 사용하는 양보다 더 많은 양의 치면열구전색제를 사용하였고, 그로인해 불완전한 중합과 더 많은 양의 미반응 모노머가 용리되었기 때문이라 생각된다²²⁾. 또한, Lewis 등²⁷⁾의 보고에 의하면 TEGDMA와 bisphenol-A의 분리 시간이 매우 가깝고, Olea 등²⁴⁾의 연구에서 다른 연구보다 매우 많은 양의 bisphenol-A가 검출되었고, TEGDMA가 검출되지 않았던 것으로 보아²⁷⁾, Olea 등²⁴⁾의 연구에서는 TEGDMA를 bisphenol-A로 잘못 인식하였다고 주장하였다.

Bisphenol-A 뿐만 아니라 Bis-DMA, Bis-GMA 및 bisphenol-A와 관련된 다른 모노머들은 모두 estrogenic 한 것으로서^{28,29)}, Jontell 등³⁰⁾은 임파구를 이용하여 모노머성분(UDMA, Bis-GMA, TEGDMA, bisphenol-A)의 세포독성에 관하여, Geurtsen 등³¹⁾은 모노머들의 치은 섬유모세포와 치수 섬유모세포에 대한 독성에 관하여 보고하였다. 모노머 성분 중의 하나인 Bis-GMA는 methacrylic ester와 bisphenol-A가 결합한 것으로 적절한 화학적 안정성과 물리적 성질로 인해 치과용 중합체의 기저 물질로 가장 많이 사용되고 있다³⁾. Bis-GMA는 점도가 높아 적절한 점도를 얻기 위해 TEGDMA, ethylene glycol dimethacrylate(EDG-MA) 등과 함께 사용하며³⁾, 레진의 강도를 높이고, 중합시간을 감소시키기 위해 Bis-DMA를 같이 사용한다²⁷⁾. EDGMA와 TEGDMA는 긴 사슬의 유동성 있는 입체 화학적 구조를 가지고 있어 methacrylate 이중 결합이 잘 형성되도록 하여 높은 수준의 중합이 이루어 질수 있도록 한다³⁾. TEGDMA가 박테리아 성장에 알맞은 조건을 제시 한다는 보고가 있고³²⁾, 또한 치면열구전색제로부터 용리되어 치은 상피로 들어가거나, 타액을 통해 흡수되어 과민 반응을 일으킬 수 있다는 주장도 있으나, TEGDMA로 인한 과민 반응의 발생확률은 매우 낮으며, 치면열구전색제로 인한 과민 반응은 단 한 증례만 보고되어 있을 정도이다. 특히, 이 보고서 흥미로운 점은 과민 반응을 나타낸 사람을 대상으로 TEGDMA가 포함된 패치를 사용한 검사 시 음성반응을 나타냈기에 과민 반응의 직접적 원인이 TEGDMA가 아니었다는 것을 유추해 볼 수 있다²⁾.

Palasz 등¹⁸⁾은 물을 용매로 하여 교정용 레진에 잔존모노머를 용리시킨 후 gas chromatograph-mass spectroscopy

(GC-MS)를 이용하여 성분 및 용리량을 측정 한 결과 용리 4분 이내에 TEGDMA가 가장 많이 배출되며 1일째 되는날에는 약 80% 정도를 차지하였고, Bis-GMA는 TEGDMA의 약 1%에 불과하다고 보고하였다. Hamid와 Hume¹⁶⁾과 Gerzina와 Hume³³⁾도 이와 유사한 결과를 보고하였는데, 미반응 모노머가 초기에 가장 빠른 속도로 용리되며, 1일 후 50%, 3일 후 90% 이상이 용리된다고 하였다. 또한 Hume 등¹⁷⁾과 Gerzina와 Hume³⁴⁾은 산소억제층인 최외층에는 TEGDMA가 다량 함유되어있다고 하였다.

본 연구에서 사용한 치면열구전색제(Concise™, 3M, St Paul, USA)에서는 TEGDMA를 제외한 다른 모노머(BPA, UDMA, Bis-GMA Bis-DMA)들은 검출되지 않았고, 중합 시 낮은 농도의 TEGDMA만 검출되어 치면열구전색제로부터 유해성 높은 모노머들이 용리되지 않음을 알 수 있었다.

용리되는 성분의 종류와 양은 분석 시 사용되는 용매에 따라 상당한 영향을 받을 수 있다. 몇몇 연구들에 따르면 유기용매는 물보다 레진 기질의 결합구조에 더 잘 침투하여 콤포짓의 표면을 더 잘 연화시키고 더 많은 양의 성분들을 용리시키며, Bis-GMA, UDMA 등은 물보다는 유기용매에 용해성이 강하다고 보고하였다⁴⁾. 그리고 Nathanson 등⁴⁾의 연구에 의하면 치면열구전색제를 중합 후 95% 에탄올에 4분간 저장하였을 때, TEGDMA, Bis-GMA, Bis-DMA, UDMA의 용리를 관찰하였다. 그러나 본 연구에서는 용매 고유 성분에 의한 부가적인 반응을 배제하기 위해 용매로서 3차 증류수를 사용하였고, 따라서 용리되는 성분에 있어 유기용매를 사용한 경우와 차이점이 발생하였으나, 어느 경우에서나 bisphenol-A는 검출되지 않음을 확인할 수 있었다.

중합 후 용리되는 미반응 모노머의 전신적, 국소적 유입을 감소시킬 수 있는 방법들이 제시되어 왔는데, 대부분의 실험실 연구에서는 물 또는 에탄올 등과 같은 유기용매를 이용하여 레진 재료에 남아있는 미반응 모노머를 효과적으로 제거할 수 있다고 하였으며, Ferracane과 Condon¹⁴⁾은 물과 75% 에탄올을 용매로 하여 24시간 후에 레진에 존재하는 미반응 모노머를 완전히 제거했다고 보고한 바 있으나, 이러한 유기용매는 환자의 구강 내에 적용할 수 없다. Rueggerberg 등¹⁾은 기계적 방법을 이용하여 표면의 미반응 모노머의 제거효과를 평가하였으며, 러버컵과 퍼미스를 이용한 경우 95% 이상의 잔존 모노머를 제거할 수 있다고 보고하였다.

본 연구에서도 러버컵과 퍼미스를 이용한 경우가 89.3%의 잔존모노머 제거효과를 보이며, 다른 처리 방법보다 제일 큰 제거효과를 보였는데, 이것은 퍼미스의 약한 연마작용이 표면의 산소 억제층을 제거함으로써 다른 방법보다 잔존 모노머 양을 감소시켰기 때문으로 생각해 볼 수 있다. 또한 산소 억제층의 흡수성 성질 때문에 단지 습으로 문지르거나, 증류수로 세척하는 것은 산소 억제층의 최외층면 외에는 제거하지 못하여 러버컵과 퍼미스를 이용한 경우보다 낮은 제거율을 보인 것으로 추정된다¹⁾. Rueggerberg 등¹⁾은 퍼미스를 습으로 적용하는 것보다

러버컵으로 하는 것이 치면열구전색제 표면의 불규칙한 면에 효과적으로 접촉하기 때문에 더 낫다고 하였으며, 임상가가 퍼미스와 물을 임의로 섞어서 쓰는 것 보다 미리 계량 조합된 퍼미스를 쓰는 것이 산소 억제층의 일정하고 균등한 제거를 이룰 수 있다고 하였다.

최근에 여러 가지 종류의 치면열구전색제가 사용되고 있고, 또한 LED나 플라즈마 아크 등 다양한 광원들이 사용되고 있으므로 향후 다양한 치면열구전색제와 광원을 이용한 실험이 필요할 것으로 생각된다. 그리고 본 연구는 실험실 연구로써 구강내 환경을 고려하지 않았으며, 따라서 저작작용, 타액내 효소, 박테리아의 단백질 분해효소들이 관여한다면 다른 결과가 나타날 수 있으리라 생각되어 구강환경을 재현할 수 있는 실험들이 더 진행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 표면처리를 하지 않은 군에 비하여 표면처리를 한 모든 군들이 유의한 수준의 잔존 모노머 제거효과를 보였으므로, 시술 상 퍼미스와 러버컵을 이용하지 못하는 경우나 구강보전사업 등에서 다량으로 치면열구전색 시, 증류수로 세척하는 방법이나 알콜에 젖은 면구로 처리하는 방법도 임상적으로 효과가 있으리라 생각된다. 그리고 퍼미스와 러버컵을 이용하여 표면처리한 경우 잔존 모노머 제거효과는 우수하나, 치면열구전색제의 경우 수복용 레진보다는 강도가 떨어져 치면열구전색제와 치아면 사이의 계면에서의 미세 파절과 표면 거칠기의 증가가 우려되며, 이로인해 치태저류의 가능성이 높아질 수 있다고 생각되어, 여기에 관한 연구가 더 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 치면열구전색제 중합 후 넓은 표면적을 갖는 미반응 모노머층을 임상에서 적용할 수 있는 다양한 방법으로 제거한 후 BPA, TEGDMA, UDMA, Bis-GMA, Bis-DMA 등의 모노머들이 용리되는지 확인하고 정량분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표면처리를 하지 않은 군과 표면처리를 시행한 모든 군에서 TEGDMA를 제외한 어떠한 모노머들도 검출되지 않았다.
2. 표면처리를 한 모든 군은 표면처리를 하지 않은 군에 비하여, 용리되는 모노머량이 유의할 만하게 감소하였다($P < 0.05$).
3. 퍼미스와 러버컵을 이용해 표면처리한 군에서 잔존 모노머 제거효과가 다른 군에 비해 유의성 있게 높았다($P < 0.05$).

이상의 결과로 보아 치면열구전색제 중합 후 최외층에 존재하는 잔존 모노머의 제거는 퍼미스와 러버컵을 이용한 기계적 방법이 가장 효과적이며, 임상적으로 적용할 가치가 있다고 생각된다.

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. Nathanson D, Lertpitaykun P, Lamkin MS, *et al.* : *In vitro*-elution of leachable components from dental sealants. J Am Dent Assoc, 128:1517-1523, 1997.
5. 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.
6. Geurtsen W, Spahl W, Leyhausen G : Variability of cytotoxicity and leaching of substances from for light-curing pit and fissure sealants. J Biomed Mater Res, 44:73-77, 1998.
7. Hallstrom V : Adverse reaction to a fissure sealant: report of a case. ASDC J Dent Child, 60:143-146, 1993.
8. 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.
9. Lind PO : Oral lichenoid reactions related to composite restoration. Acta Odontol Scand, 46:63-65, 1988.
10. Nathanson D, Lockhart P : Delayed extraoral hypersensitivity to dental composite material. Oral surg, 47:329-333, 1979.
11. 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.
12. Stanley HR : Effects of dental restorative materials : local and systemic responses reviewed. JADA, 124:76-80, 1993.
13. Oysead H, Ruyter IE, Sjovik Kleven IJ : Release of formaldehyde from dental composite. J Dent Res, 67:1289-1294, 1988.

14. Ferracane JL, Condon JR : Rate of elution of leachable components from composite. *Dent Mater*, 6:282-287, 1990.
15. Ferracane JL : Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil*, 21:441-452, 1994.
16. Hamid A, Hume WR : TEGDMA diffusion from resin pit and fissure sealant *in vitro*. *J Dent Res*, 75:289, 1996.
17. Hume WR, Gerzina TM, Roise SR : TEGDMA concentration and cytotoxicity in aqueous eluates of resin composite. *J Dent Res*, 71:162, 1992.
18. Palasz MV, Gerzina TM, Hume WR : Cytotoxic and quantitative evaluation of leachable components from orthodontic adhesives. *J Dent Res*, 73:436, 1994.
19. Rathbun MA, Craig RG, Hanks CH, *et al.* : Cytotoxicity of a Bis-GMA dental composite before and after leaching in organic solvents. *J Biomed Materials Res*, 25:443-457, 1991.
20. Ruyter IE : Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scand*, 39:27-32, 1981.
21. 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.
22. Fung EY, Ewoldson NO, St Germain HA Jr, *et al.* : Pharmacokinetics of bisphenol A released from a dental sealant. *J Am Dent Assoc*, 131:51-58, 2000.
23. Bagis YH, Rueggeberg FA : The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in commercial resin composite. *Dent Mater*, 16:244-247, 2000.
24. 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.
25. Atkinson JC, Diamond F, Eichmiller F, *et al.* : Stability of bisphenol A, triethylene-glycol dimethacrylate, and bisphenol A dimethacrylate in whole saliva. *Dent Mater*, 18:128-135, 2002.
26. Arenholt-Bindslev D, Breinholt V, Preice A, *et al.* : Time-related bisphenol-A content and estrogenic activity in saliva samples collected in relation to placement of fissure sealants. *Clin Oral Investig*, 3:120-125, 1999.
27. 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.
28. Pulgar R, Olea-Serrano MF, Novillo-Fertrell A, *et al.* : Determination of bisphenol A related aromatic compounds released from bis-GMA-based composites and sealants by high performance liquid chromatography. *Environ Health Perspect*, 108:21-27, 2000.
29. Schmalz G, Preiess A, Arenholt-Bindslev D : Bisphenol-A content of resin monomer and related degradation products. *Clin Oral Investig*, 3:114-119, 1999.
30. Jontell M, Hanks CT, Bratel J, *et al.* : Effects of unpolymerized resin components on the function of accessory cells derived from the rat incisor pulp. *J Dent Res*, 74:1162-1167, 1995.
31. Geurtsen W, Lehmann F, Spahi 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.
32. Hansel C, Leyhausen G, Mai UE, *et al.* : Effects of various resin composite (co)monomers and extracts on two caries-associated micro-organisms *in vitro*. *J Dent Res*, 77:60-67, 1998.
33. Gerzina TM, Hume WR : Effect of dentine on release of TEGDMA from resin composite *in vitro*. *J Oral Rehabil*, 21:463-468, 1994.
34. Gerzina TM, Hume WR : TEGDMA release from resin composite resin-The influence of physical variables. *J Dent Res*, 74:743, 1995.

Abstract

COMPARISON OF MONOMER RELEASE FROM PIT AND FISSURE SEALANT
FOLLOWING VARIOUS SURFACE TREATMENT

Sang-Woo Lee, Ho-Won Park, Ju-Hyun Lee, Hyun-Woo Seo

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kangnung National University
Oral Science Research Center, College of Dentistry, Kangnung National University*

The aim of this study was comparison of effectiveness of surface treatment methods in reducing the oxygen-inhibited layer of a commercially available freshly polymerized, light cured dental sealant (concise™, 3M, St Paul, USA). Surface treatment groups were consisted of no treatment (negative control group) and 3 experimental groups according to surface treatment of light-cured sealant. Experimental group I was 10 seconds' exposure to distilled water syringe, group II was 10 seconds' manual application using a cotton pellet wetted with 75% alcohol and group III was 10 seconds' prophylaxis with pumice/water slurry using rubber cup on a slow-speed hand-piece. All specimens were immersed in 5 ml distilled water and stored at 37°C water bath for 10 minutes. All eluates 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. All surface treatment group had a statistically significant decrease of monomer release in comparison with no treatment group.
3. Removal effects of unreacted monomer in group III was statistically significant in comparison with group I and group II.

These results revealed that mechanical method using pumice and rubber cup is the most effective in removing residual monomer and may be valuable to be used effectively in clinic.

Key words : Pit and fissure sealant, Monomer, HPLC, Surface treatment