3종 광중합개시제를 함유한 실험용 복합레진의 미세누출도

김지훈 · 신동훈*
단국대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROLEAKAGE OF THE EXPERIMENTAL COMPOSITE RESIN WITH THREE COMPONENT PHOTOINITIATOR SYSTEMS

Ji-Hoon Kim, Dong-Hoon Shin*
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

This study was done to determine if there is any difference in microleakage between experimental composite resins, in which various proportions of three component photoinitiators (Camphoroquinone, OPPI, Amine) were included.

Four kinds of experimental composite resin were made by mixing 3.2% silanated barium glass (78 wt.%, average size; 1 ㎛) with each monomer system including variously proportioned photoinitiator systems used for photoinitiating BisGMA/BisEMA/TEGDMA monomer blend (37.5:37.5:25 wt.%). The weight percentage of each component were as follows (in sequence Camphoroquinone, OPPI, Amine): Group A - 0.5%, 0%, 1% / Group B - 2%, 0.2%, 2% / Group C - 0.2%, 1%, 0.2% / Group D - 1%, 1%, 2%.

Each composite resin was used as a filling material for round class V cavities (diameter: 2/3 of mesiodistal width; depth: 1.5 mm) made on extracted human premolars and they were polymerized using curing light unit (XL 2500, 3M ESPE) for 40 s with an intensity of 600 mW/cm^2. Teeth were thermocycled five-hundred times between 50℃ and 550℃ for 30s at each temperature.

Electrical conductivity (㎂) was recorded two times (just after thermocycling and after three-month storage in saline solution) by electrochemical method.

Microleakage scores of each group according to evaluation time were as follows [Group: at first record / at second record; unit (㎂)]: A: 3.80 (0.69) / 13.22 (4.48), B: 3.42 (1.33) / 18.84 (5.53), C: 4.18 (2.55) / 28.08 (7.75), D: 4.12 (1.86) / 7.41 (3.41).

Just after thermocycling, there was no difference in microleakage between groups, however, group C showed the largest score after three-month storage. Although there seems to be no difference in microleakage between groups just after thermocycling, composite resin with highly concentrated initiation system or classical design (Camphoroquinone and Amine system) would be more desirable for minimizing microleakage after three-month storage. [J Kor Acad Cons Dent 34(4):333-339, 2009]

Key word: Microleakage, Composite resin, Photoinitiation, Electrical conductivity, Thermocycling.
-Received 2009.4.27., revised 2009.5.26., accepted 2009.6.2.-

*Corresponding author: **Dong-Hoon Shin**
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University
San 7-1, Shinbu-dong, Cheonan, 330-716, Korea
Tel: 82-41-550-1965 Fax: 82-41-550-1963
E-mail: donyshin@dankook.ac.kr

Ⅰ. 서 론

심미 수복에 대한 요구가 늘어나고 새로운 심미 수복재료들이 개발됨에 따라 임상에서 기존의 금속성 수복물들이 심미 수복물로 대체되고 있다. 이러한 심미 수복에는 일반적으로 광중합 복합 레진이 가장 많이 사용되며, 이는 광중합 개시체계에 의해 중합이 개시된다.

광중합은 복합레진에 광조사를 하면 광중합 개시시스템이 빛 에너지를 흡수하여 자유기(free radical)를 형성하게 되고, 중합반응이 개시되어 단량체들이 광화학적, 화학적 반응을 통해 새로운 중합체를 형성하는 과정을 일컫는다. 현행 복합레진류는 전통적인 방법으로 중합했을 때, 전환율이 55-75% 정도로 완전한 중합을 이루지 못하며, 중합체로 전환되지 못한 단량체가 미반응 상태로 중합된 레진에 남아 있게 된다. 이러한 현상은 적층 충전을 가능하게 하지만, 시간 경과에 따라 용해되어 외부로 방출되는 과정을 통해 복합레진의 약화를 초래한다.

대부분의 치과용 광중합 레진에 사용되는 Camphoroquinone(CQ)은 468 nm 파장대의 청색광을 최대로 흡수하는 alpha dicarbonyl기로, 3차 아민과 같은 환원제와 상호작용을 통해 자유기를 형성함으로써 중합반응을 개시시킨다[1]. 레진 단량체가 중합체로 전환되는 정도를 전환율(degree of conversion)이라고 하며, 광중합 레진의 전환율이 높아지면 레진의 기계적 성질, 생체적합성, 색안정성 등이 좋아진다[2-5]. 그러나 CQ는 색상이 노란색이어서 레진의 최종적인 심미성에 영향을 주기 때문에 CQ의 농도를 높이는데 한계가 있고, 결과적으로 중합정도와 깊이가 제한되는 문제를 안고 있다[6]. 이에 따라 CQ의 농도를 증가시키지 않고 중합효율을 개선시키기 위해 다른 중합개시제[7-9] 또는 환원제[10,11]를 사용하거나, 다른 중합법[12]을 사용함으로써 중합효율을 개선하기 위한 많은 시도가 있었다. 예를 들면, PPD (1-pheny1-1,2-propanedione)는 CQ만큼 광중합 개시제로 효과가 있었고, CQ와 함께 사용되었을 때, 시너지 효과가 있었다는 보고가 있으며[13], Inano 등[14]은 몇 가지 효소들이 광중합개시제로 사용될 수 있다고 한 바도 있다.

본 논문에 사용된 OPPI는 300-380 nm 파장대의 빛 에너지를 흡수하는 p-octyloxy-phenyl-phenyl iodonium hexafluoroantimonate이다. Eick[15]은 OPPI가 단독으로 사용되었을 때는 중합반응이 일어나지 않았지만, CQ, EDMAB (Ethyl 4-N,N-dimethylaminobenzoate)와 함께 사용된 경우, oxirane/polyol 복합레진이 중합된다고 하였다.

한편 현재 사용되고 있는 복합레진은 중합시에 2-6% 정도의 중합수축이 일어난다[16]. 중합수축은 Van der Waals 힘으로 느슨하게 묶여있던 단량체 분자 사이의 결합이 공유결합의 중합체로 변환되면서 분자 사이의 거리가 줄어들어 발생되는데, 이 때 치질과의 결합으로 인해 응력이 발생된다[17]. 일반적으로 중합속도가 빠르고 전환율이 높을수록 수축응력은 커지게 되고, 수축응력이 커지면 변연누출이 증가한다[18,19]. Gale 등[20]에 따르면 미세누출이 전혀 없는 수복물은 존재하지 않으며, 미세누출은 3차원적으로 존재한다고 하였다. 이러한 미세누출로 인해 술 후 과민증, 2차 우식, 치수병변과 같은 문제들이 생길 수 있다[21].

최근 Shin과 Rawls[22]는 기존의 CQ/Amine 시스템에서 일부 아민을 OPPI로 대체하였을 때, 중합속도가 빨라지고, 전환율이 높아졌으며, 초기의 색상과 색안정성이 좋아졌다고 하였다. 이처럼 OPPI는 CQ, 아민과 함께 사용되었을 때, 시너지 효과가 발생하여 중합효율이 좋았지만, 중합수축 응력으로 인한 미세누출에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서는 복합레진에 포함된 중합개시 시스템의 전체 함유량과 비율에 따른 미세누출도의 차이를 평가하고자, 3종류의 중합개시제(CQ, OPPI, Amine)를 함유한 4종 실험용 복합레진을 5급 와동 수복재로 사용하여 충전 직후 및 3개월 경과 후 미세누출도를 평가하였다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

균열이나 충치가 없는 사람의 소구치를 사용하였고, 이중 석회화, 내흡수, 2개의 근관을 가지는 치아를 제외하였다.

레진 기질로는 BIS-GMA (lot # 568-21-07, ESSTECH, Essington, PA, USA), BIS-EMA (lot # 474-32-02, ESSCHEM Inc. Linwood, PA, USA), TEGDMA (lot # 597-23-02, ESSTECH, USA)를 중량비 각기 37.5% : 37.5% : 25%로 혼합하여 사용하였고, 중합을 유도하기 위해 중합개시 시스템을 4개 군으로 분류하여 제조하였다. 실험용 복합레진은 평균입자 크기 1 ㎛의 실레인 처리된 barium glass (8235/ Lab 11791 SCHOTT)를 필러로 사용하였고, 중량비 78%로 첨가하여 실험용 복합레진을 제조하였다.

광중합 개시제로 사용된 CQ (lot : 455-23-05, ESSTECH), OPPI, 아민 (DMAEMA, 98% batch # : 08608KB, SIGMA-ALDRICH Inc. 3050 Spruce street. Luise, MO 63103, USA)의 비율과 양에 따라 4개의 그룹으로 나누었다 (Table 1).

2. 실험방법

각 치아의 치근단 3 mm를 절단 제거하고 Gate-Glidden bur와 file을 사용하여 치수를 제거한 후 깨끗한 치수강을 얻기 위해 5% 차아염소산 나트륨에 보관하였다.

Table 1. Experimental composites with variously proportioned three-photoinitiator systems

Group	wt.% of photoinitiator system			Monomer	Filler
	CQ	OPPI	Amine		
A	0.5	0	1	Bis-GMA/Bis-EMA /TEGDMA (37.5 wt.% /37.5 wt.%/25 wt.%)	3.2% silanated Barium glass (78 wt.%, average particle size: 1 μm)
B	2	0.2	2		
C	0.2	1	0.2		
D	1	1	2		

CQ: Camphoroquinone
OPPI: p-octyloxy-phenyl-phenyl iodonium hexafluoroantimonate
Bis-GMA: 2,2-bis{4-(2'-hydroxy-3'-methacryloxypropoxy)phenyl}propane Bisphenol A-glycidylmethacrylates
Bis-EMA: Bisphenol A ethoxylate dimethacrylates
TEGDMA: Tri-ethylene glycol dimethacrylates

백악법랑 경계부에 5급 와동을 형성하였고, 폭은 근원심 폭경의 2/3, 깊이는 1.5 mm로 하였으며, 군당 13-15개의 치아를 사용하였다. 와동에 자가 부식형 접착제인 Hybrid Bond (Sun medical, Moriyama, Shiga, Japan)를 사용하여 치면을 처리한 후 실험용 복합레진을 충전하고, 광중합기 (XL 2500, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 600 mW/cm^{2}의 광도로 40 초간 광중합하였다. 수복물의 경화를 위해 모든 시편을 실온에서 24 시간 동안 증류수에 보관하였으며, Sof-Lex (3M ESPE, USA)를 사용하여 연마하였다. 수복된 치아를 섭씨 5도와 55도 수조에 30초씩 담그는 열순환(thermocycling)을 500회 시행한 후 미세전류를 측정하였고, 다시 식염수를 1주일에 한번씩 교환하면서 3개월 보관한 후에 미세전류를 측정하였다.

미세전류 (μA) 측정을 위해 근첨부를 통하여 증류수를 치수강내에 채우고 0.018″ stainless steel wire를 치수벽에 닿을 때까지 삽입한 뒤, sticky wax로 근첨부를 밀봉하고 nail varnish를 와동의 변연에서 1 mm 떨어지게 하여 2회 도포하였다. 구와 신[23]의 방법과 같은 회로를 통해 10V의 전압하에서 미세전류 (μA)를 측정하였다. 일정한 전압을 부여하기 위해 직류 공급원인 TOE 8841 (TOELLNER electronic instrument GMBH, Germany)을 이용하였고, 미세전류 측정에는 6514 system Electrometer (Keithley Co., Cleveland, Ohio, USA)를 사용하였다. 전류를 흐르게 한 다음 0-10분까지 20초 간격으로 측정하되 후반 10개 수치의 평균치를 사용하였다.

4) 통계 처리

ver.11.0의 SPSS 프로그램을 이용하였으며, 같은 표본을 이용하여 시간 경과에 따라 미세누출정도를 반복적으로 측정하였기에, 95% 유의수준의 Repreated Measures in GLM (General Linear Model) 방법을 이용하였다. 또한 실험군 사이의 유의한 차이는 Tukey HSD 사후검정법을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 성적

4개 군의 열순환 직후와 3개월 후 미세전류 측정값은 표 2와 같다 (Table 2). 열순환 직후에는 A군의 미세전류 측정치가 3.80 μA, B군 3.42 μA, C군은 3.61 μA, D군은 4.22 μA로 군간에 유의한 차이가 없었지만, 3개월 후에는 4개 군 모두에서 미세누출이 증가된 양태를 보였다. 3개월 후 측정치는 A군이 13.22 μA, B군이 18.88 μA, C군이 27.26 μA, D군이 7.94 μA로 나타났으며, C군이 가장 큰 수치를 보였고, D군이 가장 적은 수치를 보였다 (Table 2).

통계분석 결과, 열순환 직후보다 3개월 후 유의하게 미세누출이 증가함을 볼 수 있었고 (Table 2), 4개 군의 복합레진 사이에서도 유의한 차이가 있음을 볼 수 있었다 (Table 3).

4개 군의 3개월 후의 미세전류 측정치로 Tukey test 사후검정 결과, D군과 A군이 유의한 차이가 없이 미세누출이 적게 나타났으며, B군, C군 순서로 미세누출이 증가함을 볼 수 있었다 (Table 4).

Table 2. Electric currents among groups

Group	Electric current (μA)		p-value between evaluation time
	Thermocycling	3 month later	
A	3.80 (0.69)	13.22 (4.48)	0.001
B	3.42 (1.33)	18.84 (5.53)	0.001
C	3.61 (1.49)	27.26 (7.40)	0.001
D	4.22 (1.89)	7.94 (2.89)	0.005

Table 3. Tests of Between-subjects effects

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Intercept	11604.985	1	11604.985	828.019	0
Group	1259.961	3	419.987	29.966	0
Error	714.784	51	14.015		

Table 4. Homogeneous subsets of three-month results (μA)

Group	N	Subset		
		1	2	3
D	13	7.94		
A	14	13.22		
B	15		18.84	
C	13			27.26
Sig.		0.058	1	1

Ⅳ. 총괄 및 고안

복합레진의 중합수축은 단량체가 중합체로 전환되는 과정에서 분자간 거리가 좁아짐으로 인해 발생하고 그 양은 체적으로 2-6% 정도이다[16]. 복합레진이 중합수축할 때 치질과의 결합으로 인해 수축응력이 발생하는데, 복합레진의 수축응력이 접착력보다 큰 경우 접착 실패로 미세누출(microleakage)이 나타나고, 이로 인해 술후 과민증, 2차 우식 등이 발생한다[24]. 또한 수축응력은 교두의 변형, 법랑질 미세파절과 같은 문제를 일으킬 수 있으며[25], 수복물 내에 남아있는 응력 (residual shrinkage stress)은 복합레진의 기계적인 물성을 저하시킨다[26].

수복물과 치질 사이에 존재하는 미세누출은 수복물의 수명과 연관된 아주 중요한 요소이며 수복물의 실패를 야기하는 주된 원인으로 작용한다. 이러한 미세누출의 원인으로 치질과의 접착 실패, 변연파절, 치질과 수복재의 서로 다른 열팽창계수, 수복시 접착면의 오염, 합착제나 이장재, 기저재의 용해 등을 들고 있다[27]. 현재 사용되고 있는 어떠한 수복재도 미세누출이 없는 것은 존재하지 않으며, 최근 연구에 의하면 복합레진으로 수복했을 때, 사용된 수복재와 술자의 능력에 따라 14-54%의 미세누출이 존재한다고 알려져 있다[28]. 이처럼 미세누출의 원인으로 여러 가지가 거론되고 있지만, 수복재의 중합수축도 미세누출에 큰 영향을 준다.

미세누출을 측정하려는 많은 연구들이 시도되었으며 색소침투법, 중성자활성화 분석법, 유체이동 측정법, SEM 검사법 등 여러 가지 방법이 있지만, 본 논문에서는 전기 화학적 검사법을 사용하여 미세누출을 측정하였다[29]. 이러한 전기화학적 검사법에 대해 Delivains 등[30]은 매우 효과적이며, 신뢰성이 높고, 빠르게 정량적 결과를 얻을 수 있는 유일한 방법이라고 하였고, Jacobson과 Von Fraunhofer[29], 김과 신[31]은 미세누출을 정확하게 측정할 수 있으며, 전류량을 미세누출의 양을 나타내는 지표로 사용할 수 있다고 하였다. 기존 색소 침투법의 경우, 평가를 위해 시편을 파괴해야 하며, 절단된 면만을 평가할 수 있고, 연구자의 주관이 개입될 수 있다는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 정량적인 평가가 가능한 전기 화학적 방법을 사용하여 미세누출을 측정하였다. 전기 화학적 방법은 접착 계면에 미세누출이 존재할 경우 미세전류가 매질을 통해 흐르게 된다는 사실을 이용한 방법으로, 시편에는 (+)극을 사용하고, (-)극에는 stainless steel plate를 적용한 후, 일정한 전압을 가하면 전류 측정기에 미세 전류가 표시되는데, 미세전류 측정치가 높으면 미세누출이 크다는 것을 의미한다[31,32]. 이러한 전기 화학적 방법은 시편을 파괴하지 않고, 수복물 전체의 미세누출을 정량적으로 측정할 수 있으며, 연구자의 주관이 개입되지 않고, 지속적인 평가가 가능하다. 그러나, Iwami 등[33]은 주변의 온도, 습도 등에 의해 미세전류값이 영향을 받을 수 있다고 하였기에, 본 연구에서는 안정적인 미세전류 값을 측정하기 위해 전류적용 후 20초 간격으로 측정하되 0-10분까지 측정한 다음 후반 10개 값의 평균치를 이용하였다. 한편 Nakano 등[34]은 이러한 외부 영향을 줄이기 위해 사용전압이 높은 것이 유리하다고 하였으나, Delivanis와 Chapman[30]은 20 V보다는 10 V를 사용한 경우, 다른 미세누출 연구 결과들과 상관성이 높게 나온다고 하여 본 논문에서도 10 V를 사용하였다.

열순환 직후와 3개월 후의 미세전류 측정치를 보면, 4개 군 모두 유의하게 미세누출이 증가하였다. 이는 접착제로 사용된 Hybrid bond의 용해와 실험용 복합레진에 남아있는 미반응 복합레진 단량체의 용해에 의해 미세누출이 증가했을 가능성이 있다.

본 논문에서 사용된 자가부식형 접착제인 Hybrid Bond는 산성의 단량체가 상아질과 법랑질의 표면을 부식시키며, 미반응 단량체는 광중합 과정중에 기질내에서 중합하게 되므로 부식의 깊이와 접착제의 침투깊이가 동일하기 때문에 탈회는 되었지만 레진이 침투되지 않은 상아질층이 전부식 시스템에 비해서 상대적으로 적다는 것을 장점으로 내세우지만, 역으로 이러한 자가부식형 접착제는 친수성이 강하기 때문에 용매에 장기간 보관시 가수분해로 인해 틈이 생기고 미세누출도 측면에서는 불리할 수도 있다는 점을 생각해야 한다[35].

Ferracane[36]은 레진의 중합 후에 중합되지 않고 남아있는 미반응 단량체들이 용매에 의해 용해되며, 이때 용해되는 양과 속도는 레진의 전환율과 용매의 종류에 의해서 영

향을 받을 수 있다고 하였는데, 전환율이 높을수록 용해되는 양이 적었고, 증류수 보다는 유기용매에서 용해되는 양이 많았다고 하였다.

본 연구에 사용된 4개 군의 실험용 복합레진을 살펴보면, A군은 중합개시제로 CQ와 아민만을 사용해서 전통적인 방법으로 혼합하였고, B군은 OPPI의 양을 줄이고 CQ와 아민의 양을 늘려서 전체적인 중합개시제의 양을 증가시켰으며, C군은 OPPI의 양을 늘리고 CQ와 아민의 양을 줄여서 전체적인 중합개시제의 양을 적게 하였고, D군은 CQ, 아민, OPPI의 양을 전체적으로 늘려서 중합개시제의 양을 증가시켜 혼합하였다. Shin과 Rawls[22]에 의하면 2종류의 중합개시제를 사용했을 때보다 3종류의 중합개시제를 (CQ, 아민, OPPI를 1:1:1로 혼합) 사용했을 때 중합속도가 빨라졌고 전환율이 높아졌다고 하였다. 따라서 3개월 후에 D군의 미세누출이 적게 나타난 것은 전환율의 차이로 인한 것으로 생각해 볼 수도 있다. 이처럼 전반적으로 중합개시제의 양이 많고, 3종류의 중합개시제가 비슷한 비율로 혼합되었을 때, 중합효율이 좋을 것으로 생각되며, 3종류의 중합개시제를 어떤 비율로 혼합하였을 때 중합효율이 가장 좋은지는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Ⅴ. 결 론

미세누출은 수복물의 내구성에 매우 중요한 요인으로 작용하며 이를 줄이기 위한 많은 노력이 진행되고 있다. 3종류의 중합개시제를 (OPPI, CQ, Amine) 다양한 비율로 함유한 실험용 복합레진을 4개의 군으로 나누고 5급 와동 수복재로 사용하였을 때, 충전 직후 및 3개월 경과 후 미세누출의 차이를 전기 화학적 방법으로 평가하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 시간 경과에 따라 모든 군에서 미세누출이 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$).
2. 열순환 자극 직후 각 실험군 사이에서 미세누출의 차이가 없었다.
3. 3개월 보관 후 D군과 A군에서 가장 적은 미세누출을 보였으며, C군이 가장 큰 누출을 보였다 ($p<0.05$).

열순환 자극 직후 미세누출은 비록 차이를 보이지 않았지만, 3개월 보관 후 측정치로 미루어 볼 때, OPPI를 포함하여 전반적인 중합시스템이 고농도로 함유된 복합레진 (D군)과 CQ와 아민만을 사용한 전통적인 복합레진 (A군)이 중합개시 시스템을 저농도로 함유한 복합레진에 (C군) 비해 우수한 밀폐효과를 보였다. 이는 시간의 흐름에 따라 접착계면의 퇴화가 일어났거나 일부 성분이 용해가 되어 나온 것으로 보이며, 앞으로 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent* 12:300-308, 2000.
2. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 20(1):121-131, 1986.
3. Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 76:1508-1516, 1997.
4. Wataha JC, Hanks CT, Strawn S, Fat GC. Cytotoxicity of components of resins and other dental restorative materials. *J Oral Rehab* 21:453-462, 1994.
5. Mazato S, Tarumi H, Kobayashi K, Hiraguri H, Oda K, Tsuchitani Y, Relationship between the degree of conversion and internal discoloration of light-activated composite. *Dent Mat J* 14:23-30, 1995.
6. Rueggeberg FA, Ergle JW, Lockwood PE. Effect of photinitiator level on properties of a light-cured and post-cured heated model resin system. *Dent Mater* 13:360-364, 1997.
7. Peutzfeldt A, Asmussen E. Influence of ketones on selected mechanical properties. *J Dent Res* 71:1847-1850, 1992.
8. Peutzfeldt A, Asmussen E. In vitro wear, hardness, and conversion of diacetyl-containing resin materials. *Dent Mater* 12:103-108, 1996.
9. Ridtschel RL. Contact allergens in ultraviolet-cured acrylic resin system. *Occupational Med* 1:301-306, 1986.
10. Cohen SG, Chao HM, Photoreduction of aromatic ketones by amine. Studies of quantum yields and mechanism. *J Am Chem Soc* 90:165-173, 1968.
11. Antonucci JM, Venz S. Tertiary amine salts and complexes as chemical and photochemical accelerators. *J Dent Res* 66:128 Abstr. No. 170, 1987
12. Puppala R, A. Heged A, Munshi AK, Laser and light cured composite resin restoration : in-vitro comparison of isotope and dye penetration. *J Clin Pediatric Dent* 20:213-218, 1996.
13. Park YJ, Chae KH, Rawls HR. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resin. *Dent Mater* 15:120-127, 1999.
14. Inano H, Ohba H, Tamaoki B. Photochemical inactivation of human placental estradiol 17 beta-hydrogenase in the presence of 2,3-butandion. *J Steroid Biochem* 19:1617-1622, 1983.
15. Eick JD, Kostoryz EL, Rozzi SM, Jacobs DW, Oxman JD, Chappelow CC, Glaros AG, Yourtee DM. In vitro biocompatibility of oxirane/polyol dental composites with promising physical properties. *Dent Mater* 18:413-421, 2002.
16. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 15: 128-137, 1999.
17. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent* 25:435-440, 1997.
18. Braga RR, Ferracane JL. Contraction stress related to degree of conversion and reaction kinetics. *J Dent Res* 81(2):114-118, 2002.
19. Ferracane JL, Mitchem JC. Relationship between com-

posite contraction stress and leakage in Class V cavities. *Am J Dent* 16(4):239-243, 2003.
20. Gale MS, Darvell BW, Cheung GS. Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. *J Dent* 22(6):370-375, 1994.
21. Crim GA, Chapman KW. Reducing microleakage in Class V restorations: an in vitro study. *Quint Int* 25(11):781-785, 1994
22. Shin DH, Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *Dent Mater* (in press), 2009.
23. 구봉주, 신동훈. 법랑질 변연으로 이루어진 복합레진 수복물의 체적과 C-factor가 미세누출에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 31(6):452-459, 2006.
24. Brannstrom M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 9:57- 68, 1984.
25. Tantbirojn D, Versluis A, Pintado MR, DeLong R, Douglas WH. Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. *Dent Mater* 20:535-542, 2004.
26. 박정원. Nanofilled 복합레진의 잔류응력 비교. *대한치과보존학회지* 33(5):457-462, 2008.
27. Gladys S, Meerbeer VB, Lambrechts P, Vanherle G. Microleakage of adhesive restorative materials. *Am J Dent* 14(3):170-176, 1994.
28. Hannig M, Friedrichs C. Comparative in vivo and in vitro investigation of interfacial bond variability. *Oper Dent* 26(1):3-11, 2001.
29. Jacobsen PH, Von Fraunhofer JA. Assessment of microleakage using a conductimetric technique. *J Dent Res* 54(1):41-48, 1976.
30. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53:410-416, 1982.
31. 김창윤, 신동훈. 열순환 횟수에 따른 복합레진의 미세누출. *대한치과보존학회지* 32(4):377-384, 2007.
32. Mattison GD, Von Fraunhofer JA. Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 55:402-407, 1983.
33. Iwami Y, Yamamoto H, Ebisu S. A new electrical method for detecting marginal leakage of in vitro resin restorations. *J Dent* 28:241-247, 2000.
34. Nakano Y. A new electrical testing method on marginal leakage of composite resin restorations. *Japan J Cons Dent* 8:1183-1198, 1985.
35. Frankenberger R, Strobel WO, Lohbauer U, Kramer N, Petschelt A. The effect of six years of water storage on resin composite bonding to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 69:25-32, 2004.
36. Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehab* 21:441-452, 1994.

국문초록

3종 광중합개시제를 함유한 실험용 복합레진의 미세누출도

김지훈 · 신동훈*
단국대학교 치과대학 치과보존학교실

현행 복합레진에서 가장 많이 사용되고 있는 광중합개시제의 일종인 camphoroquinone은 중합 효과가 적고 황색을 띠기 때문에 다른 개시제에 대한 연구가 이루어져 왔다.

이에 본 연구에서는 새로운 개시제인 OPPI (p-octyloxy-phenyl-phenyl iodonium hexafluoroantimonate)를 기존의 camphoroquinone, amine과 다양한 비율로 혼합한 다음, barium glass를 첨가한 실험용 복합레진을 제조하여 각 수복재의 미세누출도를 비교, 평가하였다.

총 4종의 단량체를 제조하였으며 camphoroquinone, OPPI, amine의 조성 중량비는 다음과 같다: A군 - 0.5%, 0%, 1% / B군 - 2%, 0.2%, 2% / C군 - 0.2%, 1%, 0.2% / D군 - 1%, 1%, 2%. 이후 평균 입자 크기 1 ㎛의 3.2% silane 처리된 barium glass를 중량비 78%로 섞어 복합레진을 제조하였다.

총 55개의 소구치에 치경부를 중심으로 원형 와동을 (직경; 근원심 폭경의 2/3, 깊이; 1.5 mm) 형성한 다음, 자가부식형 접착시스템인 Hybrid Bond로 처리하고 4종의 복합레진으로 수복하였다. 연마 후 치아를 섭씨 5도와 55도에서 각기 30초씩 담궈 500회의 열순환 처리하였으며 전기화학적 방법으로 전기 전도성을 2회 (열순환 처리 후, 1주 간격으로 식염수를 교환하며 3개월 보관 후) 측정, 비교하였다.

미세누출도는 시간 경과에 따라 커지는 양상을 보였으며, 열순환 처리 직후 4종 복합레진 사이에 차이를 보이지 않았지만, 3개월 보관 후에는 D군이 가장 적었으며 C군이 가장 큰 미세누출을 보였다.

열순환 자극 직후 차이를 보이지 않았지만, 3개월 보관 후 측정치로 미루어 볼 때, OPPI와 전반적인 중합시스템이 고농도로 함유된 복합레진(D군)과 CQ와 아민만을 사용한 전통적인 복합레진(A군)이 중합개시시스템을 저농도로 함유한 복합레진(C군)에 비해 우수한 밀폐효과를 보였다. 이는 시간의 흐름에 따라 접착계면의 퇴화가 일어났거나 일부 성분이 용해가 되어 나온 것으로 보이며 앞으로 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주요단어: 미세누출, 복합레진, 광중합개시, 전류전도율, 열순환