

치과용 복합레진에 대한 첨가제의 영향

정진희* · 홍광일* · 고재영** · 안세영** · 안광덕 · 한동근

한국과학기술연구원 생체재료연구센터, (주)덴키스트*, (주)솔코바이오메디칼**

(2001년 9월 27일 접수, 2002년 4월 20일 채택)

Effects of Additives on Dental Composite Resins

Jean-Hee Jeong*, Kwang-il Hong*, Jae-Young Ko**, Se-Young Ahn**, Kwang-Duk Ahn, and Dong Keun Han

Biomaterials Research Center, Korea Institute of Science and Technology

DentKist, Inc.*, Solco Biomedical Co., Ltd.**

(Received September 27, 2001. Accepted April 20, 2002)

요약 : 2,2-Bis(*p*-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxyl)phenyl)propane (Bis-GMA)는 광중합형 치과용 고분자 복합레진의 다관능성 유 기물로 널리 사용되고 있다. Bis-GMA는 두 개의 히드록시기와 가지고 있어서 구강내에서 광중합되는 복합레진의 물흡수를 야기시켜 장기간 점진 적으로 심미성이 감소하고 결국엔 복합레진의 기계적 특성까지 저하시키게 된다. 본 연구에서는 최종제품의 내구성과 저장안정성을 향상시키기 위 하여 복합레진에 광안정제와 산화방지제를 첨가제로 사용하였다. 먼저 Tinuvin P의 광안정제를 첨가하면 색변화가 큰 것을 볼 수 있었으나 Irganox 245의 산화방지제를 첨가하였을 때 색안정성이 향상됨을 알 수 있었다. 또한 Tinuvin P와 Irganox 245가 동시에 첨가되었을 때 색안 정성이 향상되며 시료의 가속화 실험 전과 가속화 후 간접인장강도와 같은 기계적 성질도 크게 감소되지 않았다. 따라서 치과용 복합레진의 제조에 있어서 첨가제인 Tinuvin P와 Irganox 245가 각각 0.5% 및 0.1% 첨가되었을 때 내구성 및 색안정성이 향상되었으며 나아가 저장 안정성도 향 상됨을 확인할 수 있었다.

Abstract : Bis-GMA, 2,2-bis(*p*-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxyl)phenyl)propane, is an essential component as a multifun- ctional methacrylate prepolymer in the light-curable polymeric dental composite resins. Two hydroxyl groups of the Bis-GMA molecule are considered to induce water sorption of the photocured composite resin in a mouth, resulting in gradual long-term deterioration of aesthetics and mechanical properties of the composite resins. In this study, some additives such as light stabilizer and antioxidant were added to composite resins to promote durability and storage stability of the last product. First of all, color change increased as a light stabilizer, Tinuvin P, was added to the composed resins and color stability was improved as an antioxidant, Irganox 245, was added to ones. In addition, when Tinuvin P and Irganox 245 were added together to the composed resins, the color stability was enhanced and mechanical properties such as diametral tensile strength before and after acceleration tests were also not greatly decreased. Therefore, when 0.5 weight percent of Tinuvin P and 0.1 weight percent of Irganox 245 were added together to dental composite resins, the durability and color stability were enhanced, and furthermore the storage stability was also improved for the composed resins.

Key words : Dental composite resins, Additives, Light stabilizer, Antioxidant, Color stability, Durability, Storage stability

서 론

치과학은 적합한 기능회복을 위하여 치아의 결손 부분을 보 수 및 처리하는 것으로 기능회복은 물론 우수한 심미성이 고 려되고 있다. 결손 부분을 수복하는 보철치료는 치과 보철 뿐

만 아니라 일반 의학 분야에서도 결손된 신체 일부를 회복하 기 위하여 많이 이용되고 있으나 치과 보철은 다른 보철과는 다르게 결손부의 회복뿐만 아니라 그 기능도 함께 회복시켜야 하는 중요한 의미를 지니고 있다[1].

치아 수복재료는 1826년 프랑스에서 처음으로 사용되어 현 재까지 널리 시술되고 있는 와동 충전재료인 아말감에서부터 금속재료, 실리케이트 시멘트와 같은 도제 및 고분자계 수복재 료 등이 현재 치과 분야에서 널리 사용되고 있다. 그 중 치의 학 분야에서 복합레진(composite resin)은 전통적으로 치아수 복에 사용되고 있는 아말감 소재의 수은에 의한 독성우려와

통신저자 : 한동근, (136-791) 서울시 성북구 하월곡동 39-1

한국과학기술연구원 생체재료연구센터

Tel. (02)958-5282, Fax. (02)958-5308

E-mail. dkh@kist.re.kr

치료부위의 파절, 부식 치아와의 결합능력 부족, 심미감 결여 등의 문제점을 해결하기 위해 등장한 치아 수복재료로서 금, 은과 같은 금속 수복 재료에 비해 저렴하다는 장점 등으로 최근 치과 임상 분야에서 그 사용량이 크게 증가하고 있다[2-3].

복합레진의 가장 큰 단점은 마모가 쉽다는 점과 수축율, 그리고 변색을 들 수 있다. 현재 시판중인 여러 복합레진들은 실리카, 지르코니아, 알루미나, 바륨 등의 무기 첨가제를 사용하여 마모저항성 및 강도를 증가시키면서 수축율을 감소시켰다. 치과용 복합레진은 시술 후 구강 내에서 여러 가지 요인에 의해 변색될 수 있다. 변색의 원인으로서는 복합레진을 이루는 재료 자체의 변색, 즉, 아민계 광개시제, 2,2-bis[*p*-(2-hydroxy-3-methacryloyloxy propoxy)phenyl]propane (Bis-GMA)의 단량체(monomer), 고분자의 순도, 중합금지제의 형태 및 함량, 무기충진제의 형태 및 함량, 미반응 메타크릴레이트기 등을 들 수 있다. 외부적인 요인으로서는 음식물 등에 함유된 색소의 흡수 또는 흡착을 말하는 것으로 주된 오염원으로 coffee, tea, 니코틴, 음료수 등을 들 수 있다. 이러한 변색을 방지하기 위하여 여러 가지 첨가제가 사용되고 있다[4].

1983년 Asmussen[5]은 복합레진의 구성성분이 색 변화에 미치는 영향을, Ameyed[6]와 Peutzfeldt[7]은 무기충진제의 크기, 형태와 함량과 색변화의 상관관계에 대해, Crispin과 Caputo[8]는 레진의 기질이 다른 경우 색변화의 정도에 관해, Venz와 Antonucci[9]는 광중합 개시제가 레진의 중합과 색안정성에 미치는 영향에 관하여 각각 보고하였다. Ferrancanel[10]은 자외선과 열에 의한 색변화에 대하여, Brauer[11], Burrow[12]는 수분에 의한 색변화를 평가하였다. 이러한 앞선 연구자들은 기존 제품에서의 색변화의 원인과 변화의 정도를 평가한 반면에 본 연구에서는 복합레진의 저장안정성 및 색안정성을 향상시키기 위하여 광안정제와 산화방지제의 첨가제를 사용하였고 가장 적합한 함량비를 얻기 위하여 각각의 중량비로 첨가된 복합레진을 제조하였다. 이러한 복합레진들의 광중합 효율 및 이를 사용한 치과수복 광경화물의 물성 및 수분 흡수율, 그리고 분광색도 측정법, CIELAB 표색계를 이용하여 복합레진의 색변화를 측정함으로써 첨가제가 치과용 복합레진에 미치는 영향을 평가하였다.

연구재료 및 방법

1. 복합레진의 제조

제조된 복합레진의 기제는 현재 상업적으로 이용되고 있는 Bis-GMA를, 희석제로는 triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)를, 광개시제로는 camphorquinone(CQ)를, 광중합제로는 ethyl *p*-(*N,N*-dimethylamino)benzoate (EDMAB)를, 중합금지제로 hydroquinone(HQ)를, 무기충진제는 barium glass를 사용하였다. Bis-GMA 60 wt%에 대하여 TEGDMA 40 wt%의 비율로 혼합된 매트릭스(matrix)에 평균입도 1 μ m인 barium glass를 사용하였다. 무기충진제는 먼저 복합레진의 기체인 매트릭스와의 상호관계를 향상시키기 위하여 silane

coupling agent로 표면 전처리 하였다. 매트릭스 25 wt%에 대하여 무기충진제는 75 wt%로 혼합하였다. 혼합과정에서 경화를 막기 위하여 무기충진제와 매트릭스에 HQ를 함께 혼합하였다. 그리고 복합레진에 저장안정성과 내구성을 부여하기 위하여 광안정제로는 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-*p*-cresol (Tinuvin P)를, 산화방지제로는 ethylenebis(oxyethylene)bis-(3-(5-*tert*-butyl-4-hydroxy-*m*-tolyl)-propionate) (Irganox 245)를 사용하였으며, 본 연구에서 제조된 복합레진에 적정 함량을 알기 위하여 각 레진에 다양한 무게비로 적용하였으며, 각 레진의 첨가제 함량비는 Table 1에 나타내었다.

2. 실험

첨가제인 광안정제와 산화방지제가 복합레진의 색안정성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 준비된 시료들을 가속화 조건에 일주일동안 노출시켰다. 가속화 조건은 ISO 7491에 명시된 복합레진의 색안정성을 평가방법에 의거하여 설정하였으며, 가속화 장치의 개요도는 그림 1에 나타내었다. 이때 사용된 조사원은 150,000 lux의 제논램프(xenon lamp)를 사용하였으며, 5,000~7,000 K의 열이 발생되기 때문에 높은 온도에 의한 복합레진의 변성을 방지하기 위하여 물을 순환시켜 주어 37°C의 온도를 유지시켜 주었다. 일주일 후 가속화장치에서 시료를 취하여 탈이온수에 24시간 저장한 후 물리적 성질의 변화 및 색안정성을 평가하였다[13].

가속화 전 첨가제가 중합에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Fourier transform infrared spectrometer (FTIR)을 이용하여 광전환율을 측정하였고 또한 흡수성과 용해도를 평가하였다. 그리고 가속화 전과 후의 물성 변화를 평가하기 위하여 간접인장강도를 측정하였으며, 방사선 불투과성 및 색차를 통한 색안정성을 평가하였다. 이러한 물성 평가는 ISO 4049, ISO 7491과 ASTM E 308 등에 의거하여 행하였다[14,15].

표 1. 치과용 복합레진에 대한 첨가제의 함량

Table 1. Contents of additives on each dental composite resins

Sample \ Additive	Tinuvin P (light stabilizer) (wt%)	Irganox 245 (antioxidant) (wt%)
Control	-	-
LS 0.3	0.3	-
LS 0.5	0.5	-
LS 0.7	0.7	-
AO 0.05	-	0.05
AO 0.1	-	0.1
AO 0.2	-	0.2
AO 0.3	-	0.3
LS 0.5-AO 0.05	0.5	0.05
LS 0.5-AO 0.1	0.5	0.1
LS 0.5-AO 0.2	0.5	0.2

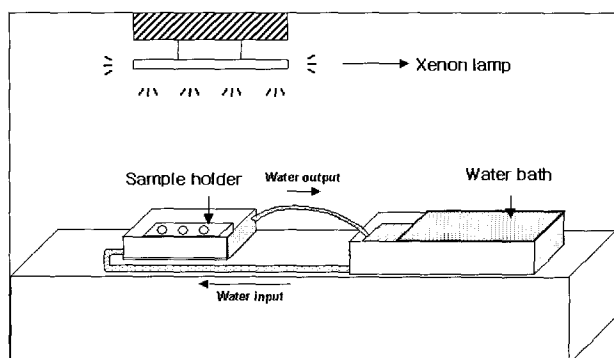


그림 1. 가속화장치의 모식도
Fig. 1. Schematic diagram of acceleration apparatus.

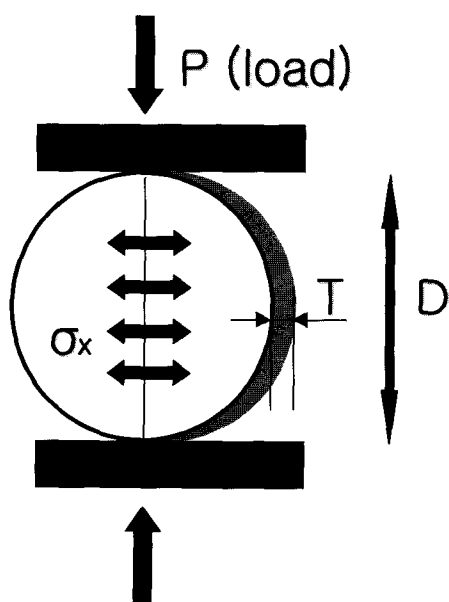


그림 2. 간접인장강도 시험의 모식도
Fig. 2. Testing scheme for measuring diametral tensile strength.

3. 물성평가

1) 광전환율(degree of conversion)

복합 레진의 물성을 결정하는 중요한 인자중의 하나로서 전환율을 들 수 있다. 이중결합(C=C)의 전환율이 클수록 경화물의 기계적 물성이 우수하게 나타나는데 시판제품들의 가시광선 광경화 전환율은 대부분 40-75%의 범위에 있다. 다관능성 메타크릴레이트 프리폴리머는 가교(crosslinking)에 의해 3차원 구조를 형성하기 때문에 선형 고분자 화합물에 비해 기계적 성질이 우수하다. 광전환율은 FTIR을 사용하여 측정하였다. Bis-GMA를 기재로한 레진에 첨가제들의 함량을 변화시킴에 따라 첨가제들이 전환율에 미치는 영향에 대하여 평가하였다. 폴리프로필렌(polypropylene) 필름 사이에 혼합된 광경화 조성

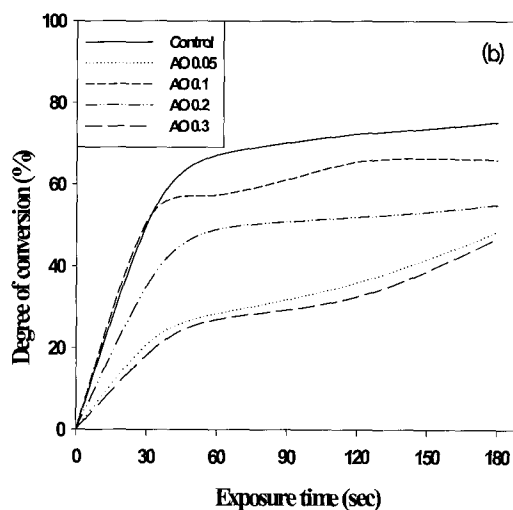
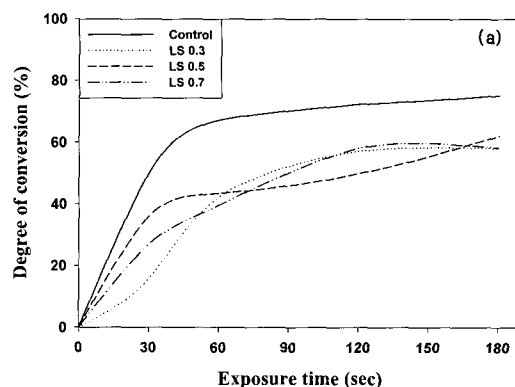


그림 3. 첨가제를 함유한 치과용 복합레진의 광전환율:

- (a) 광안정제를 함유한 치과용 복합레진
- (b) 산화방지제를 함유한 치과용 복합레진

Fig. 3. Degree of conversion of dental composite resins containing some additives;
(a) dental composite resins containing light stabilizer,
(b) dental composite resins containing antioxidant.

물을 넣고 두께를 균일하게 한 후 약 4 mm 거리에서 가시광선(파장 420~500 nm, 광세기 약 100 mV/cm²)을 조사하였다. 메타크릴레이트 단량체의 전환율은 1610 cm⁻¹에서 나타나는 방향족 환의 이중결합을 기준 피크로 잡고 1630 cm⁻¹에서의 지방족 이중결합 피크의 높이 감소로부터 남아있는 이중결합 (remaining double bonds, RDB)을 계산하여 구하였다.

2) 측색 및 색차계산

직경 13mm×두께 2mm의 Teflon 주형에 복합 레진을 채운 후 중앙에서부터 균일하게 광중합하여 시편을 각각 3개씩 제작하였다. Spectrophotometer(CM-3500d, Minolta, Japan)를 이용하여 CIELAB color order system에 따라 시편의 L*, a* 및 b*를 각각 측정하였다.

3) 간접인장강도(diametral tensile strength, DTS)

치과용 복합레진 제품의 인장강도를 측정하기 위한 많은 시

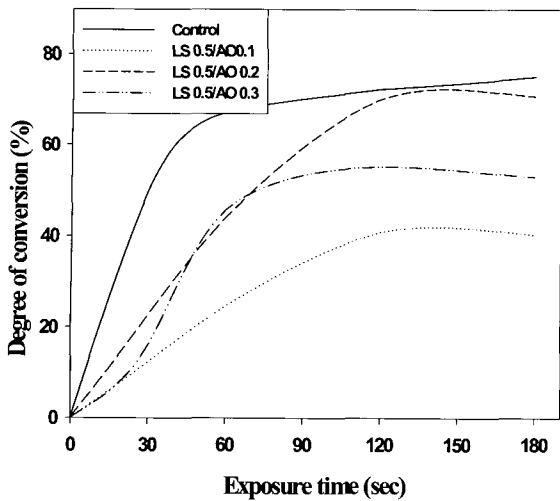


그림 4. 광안정제와 산화방지제를 함유한 치과용 복합레진의 광전환율
Fig. 4. Degree of conversion of dental composite resins containing light stabilizer and antioxidant

험범이 개발되었으나 대개의 경우 시편을 잡은 그립(grip)에서 응력 집중 현상이 발생하여 재연성있는 결과를 얻지 못한다. 그러므로 시편에 직접적인 인장응력을 주기보다는 안정적인 압축응력을 주어 시험하는 간접인장강도법이 개발되어 특히 치과용 재료의 물성측정에 주로 이용되고 있다(그림 2). 이 방법은 디스크형의 시편을 직경방향으로 세워서 압축하중을 가하여 시편 내부에서 인장응력을 유발하는 시험법이다. 간접인장강도를 측정하기 위하여 원통모양의 시편(6.0×3.3 mm)을 투명한 유리 몰드에 넣은 후, 가시광선 조사기를 이용하여 앞뒷면을 1분씩 조사하여 제조하였다. 간접인장강도는 0.5 mm/min의 cross-head speed로 Instron사의 인장시험기를 이용하여 시료를 직경 방향으로 설치, 파열될 때 걸리는 최대 힘을 측정하였다.

4) 방사선 불투과성(Radio-opacity)

유리판 위에 직경 13mm×두께 2mm의 Teflon mold를 위치시키고 시험용 재료를 채운 후 현미경 슬라이드 글라스로 덮고 일정한 압력으로 과잉의 재료를 제거한 후 중앙으로부터 균일하게 광중합하여 각각의 군당 4개씩 시편을 제작하였다. 순도 99.9%의 두께 2 mm의 알루미늄 스탭판넬과 함께 방사선 필름위에 놓고 65±5 kvp, 0.05 sec, 15 mA로 방사선 조사한 후 현상하고 Sakura Densitometer PDA-85로 측정하여 비교하였다.

5) 흡수성과 용해도(Water sorption and solubility)

원통모양의 시편을 (6.0×3.3 mm) 투명한 유리 mold에 넣은 후, 가시광선 조사기를 이용하여 앞뒷면을 1분씩 조사하였다. 수분흡수(water absorption, Wsp)를 측정하기 위해서 각 복합레진에 대해 5개의 시편을 마련한 다음 건조기에서 하루 건조한 후, 37 °C 증류수에 담갔다. 시간에 따라 시편을 물에서 꺼낸 후 휴지로 닦아 물을 제거한 후 무게를 측정하였다.

용해도(water solubility, Wsl)는 시료를 물에서 꺼낸 수분

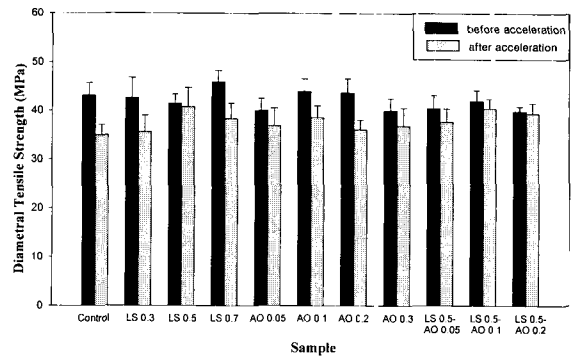


그림 5. 첨가제를 함유한 치과용 복합레진의 가속화 시험 전후의 간접인장강도

Fig. 5. Diametral tensile strength before and after acceleration test of dental composite resins containing some additives.

을 제거한 후 건조기에서 다시 건조시켜 일정한 무게를 나타낼 때 무게를 측정하였다. 수분흡수율과 용해도 측정에 사용된 계산식은 다음과 같다.

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V} \times 100$$

$$W_{sl} = \frac{m_1 - m_3}{V} \times 100$$

m_1 = 초기 건조시료의 무게,

m_2 = 물에 넣었다 빼내 측정한 시료의 무게,

m_3 = 다시 완전히 건조한 시료의 무게

결과 및 고찰

제조된 모든 시료들의 광전환율 평가결과, 그림 3과 4와 같이 첨가제들이 포함되지 않은 시료가 가장 높은 전환율을 보였다. 이는 광안정제나 산화방지제가 첨가되지 않아 첨가제가 포함된 다른 시료들과 비교해서 가시광선에 의한 라디칼 생성이 원활하기 때문으로 생각된다. 그러나 모든 시료가 가시광선에 180초 동안 노출 시 광전환율이 40~60%를 유지하고 있어서 광전환율에 의한 유의한 차이는 없는 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용된 광안정제와 산화방지제가 복합레진의 색안정성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 제조된 복합레진을 가속화 조건에 일주일을 노출시켰다. 이때 사용되는 조사원은 150,000 lux의 조도를 갖는 제논 램프로 시료 어느 곳에서도 조도의 편차가 평균치로부터 ±10%를 넘지 않는 것을 사용하였고, 이때 램프의 빛 때문에 과도한 열이 발생하므로 시료는 37±5°C를 유지하도록 물을 순환시켜 주었다. 시료는 일주일동안 노출시킨 후 탈이온수에 24시간 저장하였다.

CIE(국제조명위원회)에서 결정된 CIE 표색계는 균일한 3차원 색공간의 배열이 중요한 특징중의 하나이다. 이 색공간은

표 2. 첨가제를 함유한 치과용 복합레진의 색안정성

Table 2. Color stability of dental composite resins containing some additives

Sample	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	Ea^*b^*
Control	-2.41	2.20	-11.02	11.49
LS 0.3	-2.99	5.31	-18.57	19.55
LS 0.5	-3.43	3.98	-15.54	16.40
LS 0.7	-4.11	4.82	-16.14	17.34
AO 0.05	-3.49	3.67	-2.22	5.54
AO 0.1	-4.66	4.03	-7.96	10.07
AO 0.2	-3.73	2.96	-9.40	10.53
AO 0.3	-4.09	3.99	-9.78	11.33
LS 0.5-AO 0.05	-1.34	3.29	-15.20	15.61
LS 0.5-AO 0.1	-2.26	3.16	-9.21	9.99
LS 0.5-AO 0.2	-3.53	5.34	-14.96	16.67

표 3. 첨가제를 함유한 치과용 복합레진의 방사선 불투과성, 물흡수성과 물용해도

Table 3. Radio-opacity, water absorption, and water solubility of dental composite resins containing some additives

Sample	Property	Radio-opacity	Water absorption	Water solubility
Control		0.39±0.03	9.67±0.12	5.25±0.09
LS 0.3		0.44±0.02	6.61±0.23	2.85±0.15
LS 0.5		0.45±0.03	7.78±0.15	3.02±0.28
LS 0.7		0.45±0.01	8.49±0.24	3.68±0.30
AO 0.05		0.40±0.02	7.08±0.10	2.96±0.15
AO 0.1		0.39±0.03	8.26±0.23	3.54±0.20
AO 0.2		0.39±0.04	7.90±0.14	3.24±0.13
AO 0.3		0.40±0.02	7.08±0.17	2.85±0.08
LS 0.5-AO 0.05		0.38±0.01	8.73±0.30	3.56±0.10
LS 0.5-AO 0.1		0.40±0.03	7.08±0.15	3.41±0.11
LS 0.5-AO 0.2		0.40±0.01	8.73±0.39	3.69±0.08

측색기기로부터 측정된 3차원적 적색과장의 X, 녹색과장의 Y, 청색과장의 Z의 3개 값으로부터 산출된 L*, a*, b*값에 의한 3차원 직교좌표를 이용하는데 이 색공간을 이용한 표색계를 CIELAB 표색계라 한다.

색차는 spectrophotometer를 이용하여 측정하였고 이때 spectrophotometer는 D65 (CIE Publication 15)에 상당하는 램프를 이용하였다. Spectrophotometer를 이용하여 각 시료의 L*, a*, b*를 평가하였고 L*, a*, b*수치 차이를 통하여 ΔEa^*b^* 를 계산하였다. a*는 색공간에서 red-purple-blue-green 축과 연관되며, +a*는 주로 red-purple color와 관계 있고, -a*는 좀 더 blue-green색을 나타낸다. 이와 유사하게 b*는 yellow-purple-blue축과 연관된다. ΔEa^*b^* 는 각 시료의 색차이를 수치상으로 나타낸 것으로 색차 평가 결과를 표 2에 나타내었다. 표 2의 수치는 control 시료뿐만 아니라 모든 시료의 가속화 전과 가속화 과정을 거친 후의 색상차이를 나타낸 것이다. 여

기에서 L*은 표색계의 명도와 유사하게 관련되어 있으며 a*와 b*는 채도를 나타내지만 잘 알려진 색의 특성인 색조와 채도는 직접적인 상관관계는 없다. L*, a*, b*, 이 세 가지 수치는 다음과 같은 식으로 ΔEa^*b^* 가 정의되고 수치가 커지는 것은 색변화가 크며 더불어 색안정성이 낮음을 의미한다[16].

$$\Delta Ea^*b^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

ΔEa^*b^* 의 수치를 비교하였을 때 광안정제만을 첨가한 경우 첨가제를 전혀 함유하지 않은 control의 경우보다 색안정성이 저하됨을 알 수 있었다. 이는 광안정제의 첨가로 광중합시 중합도가 저하되어 색안정성이 저하된 것으로 사료된다. 산화방지제만을 첨가하였을 때도 약간 색변화가 적음을 보이지만 control과 비교하였을 때 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 광안정제와 산화방지제를 동시에 첨가하였을 때 광안정제의 영향으

로 control의 경우보다 색안정성이 다소 저하됨을 볼 수 있는 반면에 광안정제 0.5%와 산화방지제 0.1%(LS 0.5-AO 0.1)의 경우 다른 경우보다 색안정성이 향상됨을 볼 수 있었다.

시료의 가속화 전과 후의 물성을 비교하기 위하여 행한 간접인장강도의 산출 공식은 다음과 같다.

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot T}$$

여기에서, P : 최대하중

D : 시료직경

T : 시료두께

그림 5는 각각의 시료들의 가속화 시험 전과 후의 간접인장강도 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 모든 시료들은 가속화 후 강도저하가 나타났으며, 색안정성의 결과와 유사하게 광안정제 0.5%와 산화방지제 0.1%(LS 0.5-AO 0.1)의 경우 다른 경우보다 간접인장강도의 감소폭이 낮음을 알 수 있다.

치과용 복합레진은 충치수복 및 심미적인 용도로 많이 사용되고 있다. 실제 임상에서 와동부위에 수복된 복합레진과 치아와의 접착부분이 완벽치 않다면 2차 우식의 발생 가능성이 매우 높다. 복합레진의 수복된 정도를 알아보기 위해 복합레진에 바륨, 스트론튬 등의 무기필러들을 첨가하여 방사선 불투과성을 부여한다. 본 연구에서는 방사선 불투과성을 부여하고 치아와 유사한 광택을 내기 위하여 barium glass를 이용하였다. 첨가제의 변화에 따른 방사선 불투과성의 변화가 거의 없을 것으로 추측되며 표 3의 평가 결과에서도 거의 변화가 없음이 증명되었다.

치과용 복합레진의 물흡수율 및 용해도는 사용된 복합레진의 유기물에 따라 일차적으로 결정되며 광중합률과도 밀접한 관계가 있다. 물흡수율 및 용해도의 측정은 ISO 4049에 의거하여 수행하였다. 복합레진의 물흡수율은 색변화를 야기시키며 또한 물성이 저하되는 결과를 초래한다. 복합레진의 용해도는 복합레진의 유기물이 물에 녹는 것으로 무기 첨가제들을 둘러싸고 있는 유기물이 녹게 되면 바륨, 스트론튬, 실리카 등의 무기충전재들이 경화된 복합레진에서 분리가 되며 복합레진의 물성이 현저히 저하됨과 동시에 구강 내에서의 안정성에도 문제가 생기게 된다. ISO 4049 규격에는 광중합형 치과용 복합레진의 물흡수율은 $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 이하, 용해도는 $7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 이하로 규정되어 있다. 표 3은 제조된 복합레진의 물흡수율과 용해도실험 결과로 ISO 4049 규격내에 있음을 확인할 수 있었다. 또한 물흡수율 및 용해도의 편차 값이 작아 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서 사용된 광안정제 및 산화방지제와 같은 기타 첨가제들의 안정성 실험을 위해서 알코올 및 다른 용매뿐만 아니라 타액에서의 유출가능성에 대해서도 평가되어야 할 것이다.

결 론

치과치료시 충치 수복을 통한 충치치료에서부터 치과치료시 손상된 치아의 기능 회복과 더불어 아름다운 치아를 갖도록 하는 심미 치과치료로 사용되는 복합레진의 저장안정성, 내구성 및 색안정성을 향상시키기 위하여 광안정제와 산화방지제의 첨가제의 영향을 검토하였다. 가장 적합한 함량비를 얻기 위하여 각각의 중량비로 첨가된 복합레진을 제조하였으며 그에 따른 물리적 및 화학적 성질을 평가하였다.

본 연구 결과에 따르면 Tinuvin P의 광안정제를 첨가하면 색변화가 큰 것을 볼 수 있었으나 Irganox 245의 산화방지제를 첨가하였을 때 색안정성이 향상됨을 알 수 있었다. 또한 Tinuvin P와 Irganox 245가 동시에 첨가되었을 때 색안정성이 향상되며 시료의 가속화 전과 가속화 후 간접인장강도와 같은 기계적 성질도 개선됨을 알 수 있었다. 이상으로 치과용 복합레진의 제조에 있어서 첨가제인 Tinuvin P와 Irganox 245를 동시에 첨가함으로써 내구성 및 색안정성 뿐만 아니라 저장안정성도 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. J.W. Nicholson, "Adhesive dental materials and their durability", Adhesion & Adhesives, Vol. 20, No. 1, pp. 11-16, 2000
2. H. Hosoda, T. Yamato, and S. Inokoshi, "SEM and elemental analysis of composite resins", J. Prosth. Dent., Vol. 64, No. 6, pp. 669-676, 1990
3. J.L. Ferracane and J.R. Condon, "Post-cure heat treatments for composites: properties and fractography", Dent. Mater., Vol. 8, No. 5, pp. 290-295, 1992
4. T. Stober, H. Gilde, and P. Lenz, "Color stability of highly filled composite resin materials for facings", Dent. Mater., Vol. 17, No. 1, pp. 87-94, 2001
5. E. Asmussen, "Factors affecting the color stability of restorative resins", Acta Odont. Scand., Vol. 41, No. 1, pp. 11-18, 1983
6. C. Ameye, P. Lambrechts, and G. Vanherle, "Conventional and microfilled composite resins. Part I: Color stability and marginal adaptation", J. Prosthet. Dent., Vol. 46, No. 6, pp. 623-630, 1981
7. A. Peutzfeldt and E. Asmussen, "Color stability of three composite resins used in the inlay/onlay technique", Scand. J. Dent. Res., Vol. 98, No. 3, pp. 257-260, 1990
8. B.J. Crispin and A.A. Caputo, "Color stability of temporary restorative materials", J. of posthetic dentistry, Vol. 42, No. 1, pp. 27-33, 1979
9. S. Venz and J.M. Antonucci, "Effect of photoaccele-

- rators on curing and discoloration of composites", Dent. Mater., Vol. 4, pp. 244-248, 1987
10. J.L. Ferracane, J.B. Moser, and E.H. Greener, "Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins", J. Prosthet. Dent., Vol. 54, No. 4, pp. 483-487, 1985
 11. G.M. Brauer, "Color changes of composites on exposure to various energy sources", Dent. Mater., Vol. 4, No. 2, pp. 55-59, 1988
 12. M.F. Burrow and O.F. Makinson, "Color change in light-cured resins exposed to daylight", Quintescece Int., Vol. 22, No. 6pp. 447-452, 1991
 13. ISO 7491, Dental Materials-determination of Colour Stability, International Organization for Standardization, 2000
 14. ISO 4049, Dentistry—Polymer-based Filling, Restorative and Luting Materials, International Organization for Standardization, 2000
 15. ASTM E 308, Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System, ASTM International, 1999
 16. CIE : Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-difference Equations, Psychometric Color Terms. Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 (E-13.1), 1971 (TC-1.3), Paris, Bureau Central de la CIE, 1978