

광중합기 종류에 따른 복합레진과 콤포머의 미세누출에 관한 연구

박창후 · 최남기 · 양규호 · 김선미

전남대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치의학 연구소

국문초록

광중합 수복재의 중합시 발생하는 틈을 최소화하기 위해 최근 여러 가지 광중합기와 중합방법이 개발되고 있는데, 할로겐 광과 플라즈마광, LED광으로 광조사를 했을 때 미세누출을 비교하는 실험을 통해 임상에 적용해보고자 한다. 치아의 협설면에 5급와동을 형성하고, 광중합레진을 수복하여 광중합한 뒤 24시간 후 2% 메틸렌블루 용액에 담근 다음 치아를 협설로 절단하여 미세누출도를 평가하였다. 통계처리는 Kruskal-Wallis test와 Man-Whitney test를 사용하여 각 군의 유의성을 검정하였다. 법랑질에서 Dyract AP로 충전한 경우 광원에 따른 미세누출의 차이는 없었으나, Z250[®]으로 충전한 경우에는 Flipo[®]가 FreeLight 2[®] 혹은 TriLight[®]보다 미세누출이 컸다. 충전재에 따른 법랑질 변연에서의 미세누출을 측정된 결과 LED광 혹은 할로겐 광중합시 복합레진이 콤포머에 비해 작은 미세누출을 보였으나, Flipo[®]에서는 두 재료간의 차이가 없었다. 상아질변에서는 Flipo[®]와 FreeLight 2[®]로 중합시 Z250[®]이 Dyract AP보다 미세누출이 작았으나, TriLight[®]에서는 두 재료간의 차이가 없었다.

이번 연구에서 Z250[®]이 Dyract AP보다는 미세누출이 작았으며, Z250[®]으로 충전한 경우 에나멜변연에서 Flipo[®]가 FreeLight 2[®]나 TriLight[®]보다 미세누출이 크다는 것을 알 수 있었다.

주요어 : 광중합기, 광중합레진, 미세누출

I. 서 론

최근 많이 사용되는 콤포머는 글래스아이오노머와 복합 레진의 장점을 결합한 수복재료로서 불소유리로 인한 항우식 효과를 나타낼 뿐만 아니라 복합레진에 버금가는 물성, 변연 봉쇄성, 높은 심미성 및 조각의 편의성을 지니며^{1,2)} 임상 연구에서도 복합레진과 유사하거나 우수하게 평가되고 있어³⁻⁵⁾ 특히 소아치과 영역에서 많이 사용되고 있다.

광중합 복합레진은 중합과정에서 단량체 분자들이 고분자 중합체로 전환될 때, 분자들의 밀집현상이 일어나고, 이는 복합레진의 수축을 야기하게 된다⁶⁾. 중합수축 양은 제품에 따라 차이는 있으나 부피의 2.9~7.1%정도로 보고되고 있으며⁷⁾, 임상적으로는 수복물과 와동벽 사이의 결합력이 복합레진의 중합수축

을 제한한다⁸⁾. 이 제한에 의해 수축응력이 발생하게 되며, 이 수축응력은 17MPa 까지 보고된 바 있다⁹⁾. 현재까지의 연구로는 이러한 수축력을 완벽히 이겨낼 만한 접착시스템이 없으므로¹⁰⁾, 중합수축응력이 수복물과 치질사이의 결합력보다 큰 경우 변연간극을 초래하게 된다¹¹⁾.

즉, 복합레진과 콤포머와 같은 광중합형 심미수복재는 중합시 발생하는 수축, 레진과 치아간 열팽창계수의 차이, 그리고 저작시 발생하는 응력에 의한 결합의 실패가 야기되며 이로 인해 치아와 수복레진 사이의 미세누출¹²⁾이 일어난다. 이와 같은 미세누출은 술후 과민증, 변연 변색, 이차 우식증, 치수 병변등을 야기한다¹³⁾. 이와 함께 중합이 불충분한 경우 마모저항의 감소, 변색, 알러지 반응 및 치수 자극 등이 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 적층 충전법, 응력흡수이장재(stress absorbing liner)의 사용, 조사광도를 변화시키는 방법 등 많은 방법이 사용되고 있으나 완전히 만족할 만한 결과는 얻지 못하고 있다.

레진 수복물 변연의 질적인 면에 영향을 줄 수 있는 인자로는 접착시스템의 결합강도, 수복재료의 탄성계수¹⁴⁾, 필러의 형태,

교신저자 : 최 남 기

광주광역시 동구 학동 8번지
전남대학교병원 소아치과학교실
Tel: 062-220-5476
E-mail: nkchoi@chonnam.ac.kr

크기와 함량⁷⁾, 흡수팽창¹⁵⁾, 와동의 형태¹⁶⁾, 조사광의 강도¹⁷⁾, 그리고 중합시간¹⁸⁾ 등이 있으며, 이런 요소들을 조절함으로써 중합수축응력을 감소시키고, 적절한 중합도를 얻기 위해 많은 연구가 계속되고 있으며, 수복재료와 광조사기의 개발에 특히 관심이 집중되고 있다.

미세누출을 줄이면서 중합시간을 단축시키는 방법으로 할로젠광으로 광조사 하는 방식이 현재 가장 널리 이용되고 있지만, 최근에 개발된 플라즈마 광중합기는 광조사 시간을 크게 단축 시킴으로써 시술시간을 줄일 수 있다고 알려져 있는데 이는 특히 행동조절이 어려운 아이들을 대상으로 하는 소아치과 임상에서 매우 유용하게 이용된다.

플라즈마광은 2000mW/cm² 이상의 매우 높은 광도를 가지므로 단시간 내에 레진의 중합이 가능하지만, 빠른 중합 속도로 치아와 치아-수복물 계면에 높은 수축응력을 발생시킨다¹⁹⁾. 복합레진의 중합속도 및 치아-수복물의 계면에서 중합수축에 의해 발생하는 응력은 임상적으로 중요한 의미를 가진다. 플라즈마 광중합기를 이용한 연구에서 Peutzfeldt 등²⁰⁾은 종래의 할로젠광으로 중합했을 때와 비교시 유사한 정도의 수축 및 변형양상을 보이면서도 중합시간이 단축되는 장점을 가진다고한 반면, Unterbrink와 Muessner²¹⁾는 높은 광강도는 중합수축을 증가시키기 때문에 불리하다고 하였다.

최근에 중합광원으로 도입된 LED광은 기존의 할로젠광에 비해 장시간 일정한 광도를 유지할 수 있고, 열 발생이 거의 없으며, 10-20초 정도의 조사시간으로 중합이 가능하지만 파장대가 광개시제로 camphorquinone을 사용하는 복합레진의 중합에만 효과적이며, 플라즈마광에 비해서는 조사시간이 길다. LED광에 대한 연구에서 Jandt 등²²⁾은 할로젠광과 비교시 유사한 광강도를 보인다고한 반면, Kurachi 등²³⁾은 종래의 할로젠 광원에 비해 대체로 효과가 적은 것으로 보고하였다.

지금까지 미세누출을 줄이기 위한 많은 연구가 이루어졌는데, 광원과 미세누출과의 관계에 대한 연구에서 각 광원간의 차이가 없다는 의견들²⁴⁻³¹⁾과 플라즈마광이 미세누출이 크거나³²⁻³⁴⁾ LED광이 미세누출이 더 적다는 보고³⁵⁾가 있어 논란이

되고 있다. 5급와동수복에서 재료에 따른 변연누출을 비교한 연구에서는 복합레진이 컴포머나 글래스아이오노머 보다 적은 미세누출을 보인다³⁶⁾고 한 반면, 재료 간의 차이가 없었다는 보고도 많았다^{37,38)}. 이상과 같이 광원과 재료에 따른 미세누출에 대해서 서로 상반된 연구들이 많았지만, 일치된 결과를 보이지 못하고 있다.

따라서 광중합 수복재료의 중합 시 발생하는 틈을 최소한으로 줄이기 위해 최근 여러 가지 광중합기가 개발되었고, 중합에 필요한 시간이 불과 몇 초인 초고속 중합기들이 개발되고 상품화되어 시판되고 있으나 이들 광중합기의 미세누출에 대한 연구결과가 일치하지 않아 저자는 최근 개발된 플라즈마광 아크 중합기(plasma arc curing system)와 LED광을 이용한 광조사 방법을 사용하여 중합된 복합레진과 컴포머의 미세누출을 측정해보고 이를 기존의 할로젠 광중합법과 비교 분석하여 임상에서 유용하게 사용할 수 있는 광중합 방법을 알아보고 재료간의 차이점을 비교하여 적절한 충전재료를 선택하는데 도움을 주고자 본 실험을 시행하게 되었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

발거된 제 3대구치 중에서 협설면에 치아우식이 없는 60개를 실험치아로 사용하였다.

수복재료는 컴포머인 Dyract AP(Dentsply/Detrey, Germany)와 광중합형 혼성(hybrid) 복합레진인 Z250[®](3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용했으며 두 재료 모두 A3 shade를 선택하였다. 이들 재료의 중합을 위하여 할로젠광 조사기로 Elipar TriLight[®](3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을, 플라즈마광 조사기로 Flipo[®](Lokki, France)을, LED광 조사기로 Elipar FreeLight 2[®](3M ESPE St. Paul, MN, USA)를 사용하였다 (Table 1).

Table 1. Chemical composition of restorative systems used in this study

Materials	Composition	Manufacturers
Single Bond	Bis-GMA, HEMA, Dimethacrylates Polyalkenoic copolymer ethanol(30-40%), water	3M Dental Products, USA
Prime & Bond NT	DDMA, PENTA, R5-62-1 resin, T-resin, D-resin, butylated hydroxytoluene, camphorquinone 4-ethyl amorphous silica, acetone	Dentsply/Detrey, Germany
Z250	BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA resin, zirconia/silica	3M Dental Products, USA
Dyract AP	Cetylamine hydrofluoride acetone, UDM resin TCB resin, polymerisable resins, strontium fluoro-silicate glass, strontium fluoride, initiators/stabilizers	Dentsply/Detrey, Germany

Table 2. Classification of the experimental group

Group	No. of Samples	Filling Material	Curing Unit(seconds)	light intensity(mW/cm ²)
1	20	Z250	TriLight (20)	700
2	20	Z250	Flipo (9)	1900
3	20	Z250	FreeLight 2 (10)	1100
4	20	Dyract AP	TriLight (40)	700
5	20	Dyract AP	Flipo (9)	1900
6	20	Dyract AP	FreeLight (10)	1100

Table 3. Criteria used in evaluating the degree of marginal leakage

Score	Extent of dye penetration
0	No dye penetration
1	dye penetration extended less than or up to half the distance to the dentino-enamel junction (DEJ)
2	dye penetration greater than half and up to, but not past, the DEJ
3	dye penetration past the DEJ, but not including the pulpal wall
4	dye penetration involving the pulpal wall

2. 연구방법

치아의 협면과 설면을 퍼미스와 리버컵을 이용하여 치면세마를 한 후, 주수하에 고속핸드피스와 #330 carbide bur를 이용하여 치아의 협측이나 설측 치관의 중간 1/3부위에 깊이 1.5mm, 높이 2mm, 근원심깊이 3mm로 5급 와동을 형성하였고 cavosurface는 90도로 하였다(와동 1/2은 법랑질, 나머지 1/2은 상아질 상에 위치하도록). 와동을 10개 형성할 때마다 새로운 버로 교체하였다.

와동을 형성한 후 35% 인산으로 15초 산부식하고 15초간 수세를 하였다. 본딩제(bonding agent)로 Z250[®]에는 Single bond(3M USA), Dyract AP에는 Prime & Bond NT (Dentsply/Detrey, Germany)를 사용하여 15초간 적용한 다음, 과도한 용매는 3초 정도 공기로 불어 제거하였지만 치면을 완전히 건조시키지 않고 습윤한 상태를 유지하였다. 본딩제 중합은 Elipar TriLight[®]는 20초, Flipo[®]는 6초, FreeLight 2[®]는 10초 동안 시행하였고, 충전재로는 Z250[®]과 Dyract AP를 이용하여 2회 적층법으로 와동에 충전하였다. 충전재의 중합은 중합기의 종류에 따라 유사한 미세경도를 나타내는 조사시간을 이용하였다^{39,40}.

충전이 완료된 시편은 Sof-Lex disc(3M, USA)를 이용하여 연마한 다음, 치아의 치근부는 교정용 clear resin(Orthocryl, Dentaaurum, Germany)으로 포매한 후 상온의 증류수에 24시간 보관하였다. 24시간 후 흐르는 물에 세척하고 적절한 구내 환경의 재현을 위해 4.5℃와 55.5℃에서 500회의 열순환(thermocycling)을 시행하였다. 수복물 상방과 와동경계 주위 1mm를 남겨두고 전 치면에 색깔이 있는 nail varnish를 2회 균일 하게 도포하여 충분히 건조시킨 후, 시편을 2% 메틸렌블

루 용액에 24시간 담군 다음 꺼내어 흐르는 물에 씻어 과도한 메틸렌블루를 제거하고 건조시킨 다음 여분의 색소를 제거하였다.

그 후 주수하에서 Isomet diamond saw(Buehler, USA)를 이용하여 치아의 장축을 따라 협설방향으로 절단하였다. 각 치아당 절단을 2회 시행하여 치아를 3분할하였다. 치아의 장축과 평행하게 수복물의 중앙을 절단하고 절단된 표본의 치은 변연에서 색소 침투 정도를 입체현미경(Olympus, Japan, ×50)을 사용하여 관찰하고 와동과 레진사이의 메틸렌블루의 침투 정도를 Table 3의 기준에 따라 평가하였다(Table 2). 미세누출의 평가는 술자가 아닌 두 명이 평가하였으며 통계처리를 위해 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney test를 사용하여 각 군의 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

킴포머와 복합레진으로 5급 와동을 충전했을 때, 법랑질 변연과 상아질 변연에서의 미세변연누출은 Table 4에 표시하였다.

광원에 따른 미세누출의 차이를 비교했을 때 Dyract AP로 충전한 경우 법랑질과 상아질에서 세가지 광원에 따른 미세누출의 차이는 없었다. Z250[®]에서는 상아질에서 광원에 따른 미세누출의 차이가 없었으나 법랑질에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. Z250[®]으로 충전한 경우 법랑질에서 Flipo[®]는 FreeLight 2[®]와 TriLight[®]보다 큰 미세누출을 보였으며 (p<0.05), FreeLight 2[®]는 TriLight[®]보다는 작은 미세누출을 나타냈지만 통계적인 유의차는 없었다. 각 재료간의 차이를 비교했을 때, Flipo[®]로 광중합시 법랑질에서는 두 재료간의 차이

Table 4. Microleakage scores of experimental groups

	Groups	Margin(n)	Degree of marginal leakage					Mean(SD)
			0	1	2	3	4	
1	DyractAP	Enamel (20)	5	8	6	1		1.15 (±0.88)
	/Flipo	Dentin (20)	3	4	5	6	2	2.00 (±1.26)
2	DyractAP	Enamel (20)	4	10	5	1		1.15 (±0.81)
	/FreeLight 2	Dentin (20)	3	4	6	3	4	2.05 (±1.36)
3	DyractAP	Enamel (20)	2	5	11	2		1.65 (±0.81)
	/TriLight	Dentin (20)	7	6	3	2	2	1.30 (±1.34)
4	Z250	Enamel (20)	1	13	4	2		1.35 (±0.75)
	/Flipo	Dentin (20)	5	8	5	2		1.20 (±0.95)
5	Z250	Enamel (20)	10	8	2			0.60 (±0.68)
	/FreeLight 2	Dentin (20)	9	7	4			0.75 (±0.79)
6	Z250	Enamel (20)	4	14	2			0.90 (±0.55)
	/TriLight	Dentin (20)	10	6	3	1		0.75 (±0.91)

가 없었으나, 상아질에서는 Dyract AP가 Z250®보다 미세누출이 컸다(p<0.05). FreeLight 2®로 광중합시 법랑질과 상아질 모두에서 Z250®이 Dyract AP보다 작은 미세누출을 보였다(p<0.05). TriLight®로 광중합시 법랑질에서는 Z250®이 Dyract AP보다 미세누출이 작았으나(p<0.01), 상아질에서는 두 재료간에 차이가 없었다.

각 군에서 법랑질과 상아질에서의 미세누출 차이를 살펴보면, Dyract AP를 Flipo®와 FreeLight 2®로 광중합했을 때 법랑질이 상아질보다 작은 미세누출을 보였고(p<0.05), 나머지 군에서는 법랑질과 상아질의 미세누출 차이가 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

상아질 접착 시스템의 상당한 발전에도 불구하고 복합 레진의 가장 큰 단점으로, 수복물 변연이 상아질이나 백아질에 위치했을 때 중합 수축에 의한 수축간극(contraction gap)의 발생을 들 수 있으며, 이러한 간극은 변연 미세누출을 야기하고 술 후 과민반응, 이차 우식 및 치수 자극등의 원인이 되고 수복물의 결합력을 저하시켜 수복물의 실패를 초래한다.

복합레진은 중합시에 수축하는 특성을 가지며 제품에 따라 1.7%에서 7.1%정도의 중합수축을 보인다⁷⁾. 레진 수복물의 변연이 치관부 법랑질에 위치한 경우는 산부식된 법랑질과의 결합력이 중합수축력을 능가하므로 문제가 되지 않지만, 2급이나 5급 와동에서처럼 치경부 변연이 백악법랑경계 하방 상아질에 위치하는 경우는 중합수축력이 상아질 결합제의 결합력을 능가하므로 변연간극이 발생하게 된다. 수복물과 치아사이에 형성된 간극은 미생물과 그 산물이 치수내로 들어오게 되는 통로가 되고 치수내 염증과 과민반응 그리고 이차우식을 일으키게 되며 결국에는 수복물의 실패를 초래하게 된다.

와동벽에 대한 수복물의 접착 정도를 조사하는 방법으로 미세누출의 정도를 측정하는 방법에서는 색소침투법, 방사성 동

위원소 침투법, 전기화학법 및 방사화 분석법등이 있으나⁵¹⁾ 색소침투법이 가장 간편하기 때문에 흔히 이용되고 있다.

지금까지 미세누출을 줄이기 위한 많은 연구가 이루어졌는데, 광원과 미세누출과의 관계에 대한 연구에서 Oberholzer 등³⁵⁾은 상아질에서 LED광이 할로겐광보다 적은 미세누출을 보였다고 하였으며, Kubo 등²⁴⁾, Ozturk 등²⁵⁾은 광원간에 미세누출에대한 유의한 차이는 없으므로 high intensity 할로겐광중합과 플라즈마광중합이 복합레진을 경화시키는 유용한 대체수단이 될 수 있음을 시사 했고, Pradelle-Plasse 등²⁶⁾은 LED광이 할로겐광의 soft start 광중합방식과 유사한 미세누출을 보인다고 하였다. Brackett 등³²⁾은 플라즈마 광중합기가 치은측 미세누출이 더 많았다고 했으며, Friedl 등²⁷⁾은 법랑질 변연부에서는 복합레진이, 상아질 변연부에서는 polyacid-modified resin이 더 우수한 적합도를 보인다고 하였다.

국내에서는 정 등²⁸⁾이 각 광조사기의 법랑질, 상아질 변연간의 미세누출도를 연구하였는데, 할로겐광과 플라즈마광 간에 유의한 차이가 없었다고 하였고, 이 등²⁹⁾은 광원에 따른 미세누출의 차이가 없으나 유동성레진(flowable resin)이 복합레진보다 미세누출이 크다고 하였으며, 한 등⁴²⁾은 변연누출도에서는 2 단계 중합법인 soft-start 방식이 더 우수하였다고 보고했다.

박 등³⁴⁾은 전반적으로 상아질 변연이 법랑질 변연에 비해 미세누출이 많았고, ramp 방식이 가장 적은 미세누출을 보였다고 하였으며, 조 등³³⁾은 2급 와동형성시 Flipo®를 사용한 군이 컴포머의 변연이 통계적으로 유의하게 큰 간격을 나타냈다고 하였고, 박 등³⁴⁾은 상아질 변연에서 초고광도 중합군은 보통광도 중합군과 저광도 중합군에 비해 유의하게 높은 색소 침투도를 보였다고 보고하였다.

여러 연구에서 중합속도가 수복물과 와동벽의 변연간극의 형성에 영향을 주며, 빠른 중합속도가 wall-to-wall contraction의 증가를 초래한다고 밝혀졌다³²⁾. 복합레진 수복물에서 수축은 스트레스를 가져오고 이것은 변연누출을 초래한다. 플라즈마광

에 의한 중합은 매우 급속하게 일어나고 그에 따른 높은 중합수축이 발생할 수 있으나⁴³⁾, 불충분한 energy density로 인해 단량체 전환율 감소를 초래하여 전체적인 중합수축이 할로겐광과 유사하게 나왔다고 생각할 수 있다. 플라즈마광의 높은 광도가 항상 복합레진을 빠른 속도로 중합시키는 것은 아니다³⁸⁾. 복합레진의 initiator system에 따라 차이가 있으며, 할로겐광이라도 상대적으로 높은 출력을 가진 경우 상승효과로 더 빠른 중합이 나타날 수 있다. Peutzfeldt 등²⁰⁾은 전통적인 할로겐광에 비해 더 높은 광도를 가지는 플라즈마광은 중합수축력의 더 빠른 발생을 야기하지만, 플라즈마광과 할로겐광간에 변연간극에 차이는 없었다고 했다. 이는 플라즈마광의 상대적으로 낮은 전환율(degree of conversion)때문에 빠른 중합에 의한 변연간극 발생을 보상하기 때문이라고 했다. 낮은 출력으로 중합된 복합레진 수복물이 더 나은 변연적합도를 보이지만, 이것은 재료의 물성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다⁴⁴⁾.

본 연구에서는 광원에 따른 미세누출의 차이를 비교했을 때 Dyract AP로 충전한 경우 법랑질과 상아질에서 할로겐광, 플라즈마광, LED광간에 미세누출의 차이는 없었으나, Z250[®]으로 충전한 경우 법랑질에서 Flipo[®]는 FreeLight 2[®] 또는 TriLight[®]보다 큰 미세누출을 보였으며(p<0.05), FreeLight 2[®]는 TriLight[®]보다는 작은 미세누출을 나타냈지만 통계적인 유의차는 없었다(p>0.05). 광도가 높은 광원을 사용하면 많은 photon등이 광개시제 분자에 도달하여 보다 많은 광개시제 분자들이 활성화될 수 있다. 활성화된 광개시제는 아민과 반응하여 자유라디칼을 형성하여 단량체의 탄소 이중결합을 파괴하여 중합이 시작되게 된다. 자유라디칼이 많이 형성될수록 중합반응은 더 빨리 일어난다. 따라서 광조사기의 광도는 중합반응의 속도에 영향을 주게 되는 것이다⁴⁵⁾. 빠른 중합속도가 중합수축을 증가시키는 경향이 있는데, 이는 재료의 흐름성이 제한되고 재료의 경직이 빨리 발생하기 때문이다^{43,44)}. 따라서 Z250[®]으로 충전하는 경우는 LED광과 할로겐광으로 중합하는 것이 Flipo[®]보다는 변연누출면에서 유리하다고 할 수 있겠다.

5급 와동 수복에서 재료에 따른 변연누출의 비교가 많은 연구자들에 의해 시행되었다^{36,46-48)}. 복합레진, 컴포머, 글래스아이오노머의 변연봉쇄 능력에 대한 연구에서 Yap 등³⁶⁾은 법랑질에서는 복합레진이 컴포머나 글래스아이오노머보다 적은 누출을 보이고, 상아질에서는 재료간의 차이가 없다고 했으며, Toledano 등⁴⁷⁾은 레진강화형 글래스아이오노머가 컴포머보다 적거나 비슷한 미세누출을 보였다고 하였다. Estafan 등⁴⁹⁾은 Dyract AP가 F2000보다 미세누출이 덜 발생했다고 하였고, Brackett 등⁵⁰⁾은 컴포머와 글래스아이오노머 간의 유의한 차이가 없다고 하였다.

Crim과 Mattingly⁵¹⁾는 글래스 아이오노머 시멘트가 복합레진에 비해 변연누출 정도가 심하다고 보고하였으며, Sidhu⁴⁸⁾는 sandwich technique이나 글래스아이오노머가 복합레진보다 미세누출이 적다고 하였다. 반면 생체내 실험에서 Federlin 등⁵²⁾은 레진강화형 글래스 아이오노머와 컴포머, 복합레진으로 침

식증을 수복한 후 12개월 후 간극형성(gap formation)을 검사했는데 이 세 재료 사이의 차이가 없음을 보고하였다.

국내에서 박 등⁴⁶⁾은 복합레진수복물에서는 와동형태가 변연누출에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. Park과 Shin⁵³⁾은 통계적 유의차는 없지만 저광도에서 우수한 미세누출도를 보였다고 하였고, Choi 등⁵⁴⁾은 혼합형 복합레진이 미세혼합형 복합레진보다 미세누출이 높았다고 보고했다.

본 연구에서는 각 재료간의 차이를 비교했을 때, Flipo[®]로 광중합시 법랑질에서는 두 재료간의 차이가 없었으나, 상아질에서는 Dyract AP가 Z250[®]보다 미세누출이 컸다(p<0.05). FreeLight 2[®]로 광중합시 법랑질과 상아질 모두에서 Z250[®]이 Dyract AP보다 작은 미세누출을 보였다(p<0.05). TriLight[®]로 광중합시 법랑질에서는 Z250[®]이 Dyract AP 보다 미세누출이 작았으나(p<0.01), 상아질에서는 두 재료간에 차이가 없었다. 따라서 복합레진이 컴포머보다는 미세누출에서 우수한 결과를 나타낸다고 볼 수 있다.

변연누출 실험에서 법랑질과 상아질 변연에서의 미세누출을 비교해 볼 때 Kaplan 등⁴⁶⁾은 글래스 아이오노머 수복물의 경우에 치경부측보다 교합측에서의 봉쇄능력이 우수하다고 하였고, 장 등⁵⁵⁾은 컴포머와 복합레진, 유동성레진을 이용한 수복물에서도 치경부측보다 교합측이 미세누출이 적다고 하였으나, Hakimeh 등⁵⁶⁾은 교합면이 치은면보다 미세누출이 많았다고 했다. 본 연구에서도 Dyract AP를 할로겐광으로 광중합하거나, Z250[®]을 Flipo[®]나 TriLight[®]로 광중합했을 때는 교합면이 치은면보다 미세누출이 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. Retief 등⁵⁷⁾과 Phair와 Fuller³⁷⁾는 교합면측 변연에는 산부식시킬 법랑질이 풍부하나 치은측 변연에는 산부식시킬 법랑질이 없으며 백악질과 상아질 구조가 법랑질보다 수분함량이 많아서 변연누출이 증가된다고 하였다.

이상과 같이 전반적으로 법랑질 변연에서 미세누출이 적게 나타났다. 이는 중합의 결과로 생긴 수축응력으로 인해 상대적으로 결합강도가 약한 상아질 변연에서 결합분리가 많이 일어나면서 응력이 완화된 결과, 법랑질 변연에서 색소침투가 적게 나타난 것이라고 생각된다.

치경부 병소에서 교합측 변연은 법랑질인 반면 치은측 변연은 상아질/백악질인 경우가 흔한데, 인산을 이용한 법랑질의 산부식법이 소개된 이후 복합레진과 법랑질간의 결합은 법랑질에 형성된 미세공극과 resin tag에 의한 미세기계결합에 의해 적절하게 이루어져 법랑질 변연에서는 미세누출을 거의 보이지 않는다. 하지만 상아질에서는 레진과 치아간의 결합을 매개하는 상아질 접착제의 발달과 더불어 복합레진과의 결합력이 계속해서 증가하고는 있지만, 아직 미세누출의 빈도 및 깊이는 법랑질과의 결합에 비해 다소 높은 편이다.

그러나, 본 연구에서 각 군별로 법랑질과 상아질에서의 미세누출 차이를 살펴보면, Dyract AP를 Flipo[®]나 FreeLight 2[®]로 광중합했을 때 법랑질이 상아질보다 작은 미세누출을 보였을 뿐(p<0.05), 나머지 군에서는 법랑질과 상아질간의 미세누

출에 차이가 없었다.

이상의 연구에서 사용된 여러 가지 광중합기 및 충전방법을 달리한 여러 가지 광중합방식은 각각의 장점과 단점을 가지고 있다. 전통적인 할로겐광 중합기를 사용할 경우 변연폐쇄에는 효과적이지만 중합시간이 오래 걸리는 단점을 가지고 있고 초강도 광중합기를 사용할 경우 변연폐쇄는 전통적인 방법과 비교할 때 우수한 결과는 아니지만 중합시간이 단축되어 타액이나 수분에 오염될 가능성이 줄어든다는 장점을 가진다.

이번 연구에서 Z250[®]이 Dyract AP보다는 미세누출이 작았으며, Z250[®]으로 충전한 경우 범랑질변연에서 Flipo[®]가 FreeLight 2[®]나 TriLight[®]보다 미세누출이 크다는 것을 알 수 있었으나, 재료에 따른 적절한 광중합기사용에 대해서는 더 많은 재료와 광중합기를 대상으로 한 보다 더 광범위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 기존의 할로겐광과 비교하여 플라즈마광과 LED 광의 효율성을 평가할 목적으로 5급외동을 형성하고, 상아질접착제로서 Dyract AP에는 Prime & Bond NT를 Z250[®]에는 Single Bond를 도포한 후, Z250[®]과 Dyract AP를 충전하였다. 2% 메틸렌블루 염색용액에 24시간 동안 담근 뒤, 수세 후 투명레진에 매몰하였다. 매몰된 시편을 협설측으로 치아장축에 평행하게 절단하여 염색용액의 침투도를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 광조사기의 범랑질변연간의 미세누출도는 Dyract AP로 충전한 경우에 광원에 따른 미세누출의 차이가 없었으나, Z250[®]으로 충전한 경우 Flipo[®]가 FreeLight 2[®] 또는 TriLight[®]보다 큰 미세누출을 보였다(p<0.05).
2. 각 광조사기의 상아질변연간의 미세누출도는 Dyract AP와 Z250[®] 모두 광원에 따른 미세누출의 차이가 없었다.
3. 충전재에 따른 범랑질변연에서의 미세누출을 측정된 결과, FreeLight 2[®] 혹은 TriLight[®] 광중합시 Z250[®]이 Dyract AP에 비해 작은 미세누출을 보였으나(p<0.05), Flipo[®]에서는 두 재료 간에 차이가 없었다.
4. 충전재에 따른 상아질변연에서의 미세누출에서는 Flipo[®]와 FreeLight 2[®]에서는 Z250[®]이 Dyract AP보다 미세누출이 작았으나(p<0.05), TriLight에서는 두 재료 간에 차이가 없었다.
5. Dyract AP를 Flipo[®] 혹은 FreeLight 2[®]로 광중합했을 때 범랑질이 상아질보다 작은 미세누출을 보였으나(p<0.05), 나머지 군에서는 범랑질과 상아질의 미세누출 차이가 없었다.

이번 연구에서 Z250[®]이 Dyract AP 보다 미세누출이 작았으며, Z250[®]으로 충전한 경우 범랑질 변연에서 Flipo[®]가 FreeLight 2[®]나 TriLight[®]보다 미세누출이 크다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Dyract AP : Advanced performance compomer restorative. Technical manual. De Trey Dentsply, 1999.
2. Brackett WW, Gunnin TD, Glipatrick RO, et al. : Microleakage of class V compomer and light cured ionomer restoration. J Prosthet Dent, 79:261-263, 1998.
3. Hse KMY, Wei SHY : Clinical evaluation of compomer in primary teeth:1-year results. J Am Dent Assoc, 128:1088-1096, 1997.
4. Mass E, Gordon M, Fuks AB : Assessment of compomer proximal restorations in primary molars : A retrospective study in children. ASDC J Dent Child, 93-97, 1999.
5. Cehreli ZC, Altay N : Three year clinical evaluation of a polyacid-modified composite in minimal-invasive occlusal cavities. J Dent, 28:117-122, 2000.
6. Venhoven BA, DeGee AJ, Davidson CL : Polymerization contraction and conversion of lightcuring bisGMA-based methacrylate resins. Biomater, 14:871-875, 1993.
7. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Curing contraction of composites and glass ionomer cements. J Prosthet Dent, 59:297-300, 1988.
8. Kemp-Scholte CM : The marginal integrity of cervical composite resin restorations(thesis). Amsterdam, 1989.
9. Hegdahl T, Gjerdet NR : Contraction stresses of composite filling materials. Acta Odontol Scand, 35:191-198, 1987.
10. Mehls A, Hickel R, Kunzelmann KH : Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without soft-start-polymerization'. J Dent, 25:321-330, 1997.
11. Wrinkler MM, Katona TR, Paydar NH : Finite element stress analysis of three filling techniques for Class V light-cured composite restorations. J Dent Res, 75:1477-1483, 1996.
12. Seltzer S : The penetration of microorganism between the tooth and direct resin filling. Am J Dent Assoc, 51:560-566, 1955.
13. Fortin D : Microleakage of three new dentin adhesives. Am J Dent, 7(6):315-317, 1994.
14. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Quantitative determination of stress reduction by flow in compos-

- ite restorations. *Dent Mater*, 6:167-171, 1990.
15. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res*, 69:36-39, 1990.
 16. 박정길, 허복, 이희주 : 와동형태가 5급 와동 수복물의 변연누출에 미치는 영향. *대한 치과보존학회지*, 26(2):162-170, 2001.
 17. Reinhardt KJ : Effect of the light source on the marginal adaptation of composite fillings. *Deutsche Zahn Arzliche Zeitschrift*, 46:132-134, 1991.
 18. Pilo R, Cardash HS : Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. *Dent Mater*, 8:299-304, 1992.
 19. Bouschlicher MR, Heiner AD : Polymerization shrinkage force with xenon short arc QTH photoillumination. *J Dent Res*, 80(Special issue):Abstract p253, 2001.
 20. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E : Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater*, 16:330-336, 2000.
 21. Unterbrink GL, Muessner R : Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent*, 23:183-189, 1995.
 22. 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.
 23. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhaes DV, et al. : Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater*, 17:309-315, 2001.
 24. Kubo S, Yokota H, Tokota H, et al. : The effect of light-curing modes on the microleakage of cervical resin composite restorations. *J Dent*, 32:247-254, 2004.
 25. Ozturk AN, Usumez A, Ozturk B, et al. : Influence of different light sources on microleakage of class V composite resin restorations. *J Oral Rehabil*, 31:500-504, 2004.
 26. Pradelle-Plasse N, Besnault C, Souad N : Influence of new light curing units and bonding agents on the microleakage of class V composite resin restorations. *Am J Dent*, 16:409-413, 2003.
 27. Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, et al. : Marginal adaptation of Class V restorations with and without "soft-start polymerization". *Oper Dent*, 25(1):26-32, 2000.
 28. 정유진, 이희주, 허복 : 각각의 광조사기가 복합레진의 미세경도와 미세누출에 미치는 영향. *대한치과보존학회지*, 29(1):58-65, 2004.
 29. 이선영, 양연미, 백병주 : 복합레진의 미세누출에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 30(4):593-599, 2003.
 30. Barros GKP, Aguiar FHB, Santos AJS, et al. : Effect of different intensity light curing modes on microleakage of two resin composite restorations. *Oper Dent*, 28(5):642-646, 2003.
 31. 정영남, 김대업, 이광희 : 광중합 방법 및 레진 접착제의 종류에 따른 유치 수복물의 미세누출. *대한소아치과학회지*, 29(4):592-599, 2002.
 32. Brackett WW, Haisch LD, Covey DA : Effect of plasma arc curing on the microleakage of class V resin-based composite restorations. *Am J Dent*, 13:121-122, 2000.
 33. 조옥환, 한진순, 임미경 : 광중합방식이 콤포머의 변연폐쇄에 미치는 영향. *대한치과보존학회지*, 26(1):32-40, 2001.
 34. 박은숙, 김기욱, 김성교 : 광조사방식이 복합레진 수복물의 변연누출에 미치는 영향. *대한치과보존학회지*, 26(4):263-272, 2001.
 35. Oberholzer TG, Schnemann M, Kidd M : Effect of LED curing on microleakage and microhardness of class V resin based composite restorations. *Int Dent J*, 54(1):15-20, 2004 Feb.
 36. Yap AU, Lim CC, Neo JCL : Marginal sealing ability of three cervical restorative systems. *Quintessence Int*, 26:817-820, 1995.
 37. Phair CB, Fuller JL : Microleakage of composite resin restorations with cementum margins. *J Prosthet Dent*, 53:361-364, 1985.
 38. Park SH, Krejci I, Lutz F : Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. *Oper Dent*, 27:30-37, 2002.
 39. 최남기, 양규호, 김선미 : 다양한 광원에 의한 광중합형 수복물질의 미세경도에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 32(4):634-643, 2005.
 40. 권민석, 정태성, 김신 : 광원의 유형에 따른 광중합 수복제의 중합양상. *대한소아치과학회지*, 30(2):229-237, 2003.
 41. Scherer W, Kaim JM, Weiner E, et al. : Third generation dentin bonding agents: A microleakage study. *J Esthet Dent*, 2:33-35, 1990.
 42. 한승렬, 민경산, 신동훈 : 가변 광도에 따른 복합레진의 기

- 계적 물성 및 변연누출도 변화. 대한치과보존학회지, 28(2):134-145, 2003.
43. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, et al. : Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci*, 103:322-326, 1995.
 44. Uno S, Asmussen E : Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res*, 99:440-444, 1991.
 45. Rueggeberg FA : Contemporary issues in photocuring. *Compend contin Educ Dent*, 20:S4-15, 1999.
 46. Kaplan I, Mincer HH, Harris EF, et al. : Microleakage of composite resin and glass ionomer cement restorations in retentive and nonretentive cervical cavity preparations. *J Prosthet Dent*, 68:616-623, 1992.
 47. Toledano M, Osorio E, Osorio R, et al. : Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *J Prosthet Dent*, 81:610-615, 1999.
 48. Sidhu SK : A comparative analysis of techniques of restoring cervical lesions. *Quintessence Int*, 24:553-559, 1993.
 49. Estafan D, Pines MS, Fuerst PF : Microleakage of class V restorations using two different compomer systems: An in vitro study. *J Clin Dent*, 10:124-126, 1999.
 50. Brackett WW, Gunnin TD, Gilpatrick RO, et al. : Microleakage of class V compomer and light-cured glass ionomer restorations. *J Prosthet Dent*, 79:261-263, 1998.
 51. Crim GA, Mattingly SL : Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *J Prosthet Dent*, 45:160-163, 1981.
 52. Federlin M, Thonemann B, Schmartz G, et al. : Clinical evaluation of different adhesive systems for restoring tooth with erosion lesion. *Clin Oral Invest*, 2:58-66, 1998.
 53. Park SM, Shin DH : Microhardness and microleakage of composite resin according to the change of curing light intensity. *J Korean Academy of Conserv Dent*, 26(5):363-371, 2001.
 54. Choi SM, Choi GW, Choi KK, et al. : Effects of cavity configuration on bond strength and microleakage of composite restoration. *J Korean Academy of Conserv Dent*, 27(5):326-331, 2002.
 55. 장현주, 이희주, 허복 : 췌기형태의 5급와동에서 수복재료에 따른 변연 미세누출의 비교. 대한치과보존학회지, 25(1):56-62, 2000.
 56. Hakimeh S, Vaidynathan J, Houpt ML, et al. : Microleakage of compomer class V restoration: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *J Prosthet Dent*, 83:194-203, 2000.
 57. Retief DH, Woods E, Jamison HC : Effect of cavo-surface treatment on marginal leakage in class V composite resin restorations. *J Prosthet Dent*, 47:496-501, 1982.

Abstract

**MARGINAL LEAKAGE OF COMPOSITE RESIN AND COMPOMER RESTORATIONS
CURED WITH THREE DIFFERENT LIGHT SOURCES**

Chang-Hoo Park, Nam-Ki Choi, Kyu-Ho Yang, Seon-Mi Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chonnam National University and Dental Research Institute

The purpose of this study was to evaluate the microleakage of composite resin(Z250[®]) and compomer(Dyract AP) cured with various curing lights(Elipar TriLight[®], Flipo[®], and Elipar FreeLight 2[®]). Box-shaped class V cavities were prepared on the buccal and lingual surfaces of extracted human third molars. The sectioned specimens were evaluated for dye penetration and following results were obtained.

1. Regarding microleakage in the enamel margin with different curing light sources, there was no significant difference in Dyract AP whereas Z250[®] with Flipo[®] showed higher microleakage score than those of FreeLight 2[®] or TriLight[®] ($p < 0.05$).
2. Regarding microleakage in the dentin margin with curing light sources, there were no significant differences in both Dyract AP and Z250[®] ($p > 0.05$).
3. Regarding microleakage in the enamel margin with filling materials, there were no significant differences in both filling materials with Flipo[®] whereas Z250[®] showed less microleakage than Dyract AP with FreeLight 2[®] or TriLight[®] ($p < 0.05$).
4. Regarding microleakage in the dentin margin with filling materials, there were no significant differences in both filling materials with TriLight[®] whereas Z250[®] showed less microleakage than Dyract AP with FreeLight 2[®] or Flipo[®] ($p < 0.05$).
5. Enamel margin showed less microleakage than dentin margin when filled with Dyract AP and cured with Flipo[®] or FreeLight 2[®] ($p < 0.05$), but there were no statistically significant differences between the enamel and the dentin in the rest groups.

This study suggested that Z250[®] showed lower microleakage score than Dyract AP, and that Flipo[®] showed higher microleakage score than FreeLight 2[®] and TriLight[®] in the enamel margin filled with Z250[®].

Key words : Curing lights, Light curing composite resin, Microleakage