

초기 저광도 광중합이 레진 수복물의 결합강도에 미치는 영향에 관한 연구

한미란 · 권순원 · 김종수

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

레진 수복에서 초기에 저광도로 중합하여 레진의 유동성을 허용함으로써 중합시 내부응력을 상쇄하며, 다시 고광도로 중합하여 레진의 물성도 유지할 수 있는 방법이 시도되고 있어, 초기 저광도 중합이 상아질과의 결합 강도와 레진의 미세경도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

소의 견전한 하악 전치 20개를 3개의 절편으로 절단하여 각 군에 배분하고 상아질면에 레진을 충전한 후, I 군은 450mW/cm²의 광도로 40초간, II 군은 300mW/cm²와 600mW/cm²의 광도로 각각 20초씩, III 군은 250mW/cm²와 450mW/cm²에서 각각 20초씩 광중합하여 전단 결합 강도를 측정하였고, 직경 5.0mm 깊이 2.0mm 레진 시편을 제작하여 상, 하면 중앙에서 Vickers 미세 경도를 측정하였다.

전단 결합 강도는 초기 저광도 중합군의 평균이 다소 높았으나 각 군간 통계학적 유의한 차이는 없었으며, 미세 경도는 상, 하면 모두에서 각 군간 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

주요어 : 유동성, 응력 상쇄, 전단 결합 강도, 초기 저광도 광중합.

1. 서 론

복합 레진은 색조 재현성이 뛰어나고 수은을 방출하지 않으며, 열전도도가 낮고, 접착성 재료이기 때문에 특별한 유지 형태가 필요 없어 보존적인 와동 형성이 가능하며 치아 삭제량을 줄일 수 있다¹⁾. 최근 사회의 발전과 더불어 심미적 요구가 증가되고 있으며, 지속적인 연구 개발로 레진의 물성 향상 및 상아질 결합계의 발달로 복합 레진의 임상적 사용 범위가 점차 넓어지고 있다.

광중합형 복합 레진은 화학 중합형 레진에 비해 기포 형성과 변색이 적고 충분한 작업 시간을 가지며 조작이 간편하다는 장점을 갖는 반면, 불완전하게 중합될 수 있으며 중합시 광원 방향으로 수축하여 내부 응력이 발생할 수 있다는 단점을 갖는다²⁾. 중합 수축시의 내부 응력은 수복물 변연의 균열을 야기할 수 있고, 이러한 수복물의 미세 누출은 변색이나 이차 우식을 일으킬 수 있으며 나아가 치수 병변을 야기할 수 있다.

Alster 등³⁾의 연구에 의하면 화학 중합형 레진은 중합이 천천히 일어나고 혼합 중에 기포가 포함될 수 있어 레진 수복물 내부에 결합되지 않는 표면이 넓어지게 되며, 따라서 중합 과정 중에 더 많은 유동성을 부여할 수 있게 되어 중합 수축으로 인한 내부 응력을 완화시킬 수 있다고 보고하였다. 광중합형 복합

레진은 개발 초기부터 물성과 밀접한 관련이 있는 중합도를 높이기 위해 높은 광도의 중합이 추천되어 왔으나⁴⁾, 고광도로 중합시 빠른 중합으로 레진의 점도가 급격히 증가하여 중합 수축이 더 심해질 수 있으며⁵⁾, 충분한 유동성을 가지지 못하게 되므로 수축으로 인한 응력을 분산할 수 없게 된다⁶⁾.

최근 중합 수축으로 인한 내부 응력의 완화 방법으로 저광도로의 중합이 시도되었으며, Goracci 등⁷⁾은 저광도로 중합을 천천히 했을 때 상아질과 레진 사이에서 변연 누출이 관찰되지 않았다고 보고하였다. Pilo 등⁸⁾은 광원의 광도와 레진의 표면 미세경도는 상호 연관성이 있어 광도가 낮을수록 미세 경도값도 낮아진다고 보고하였으나, Miyazaki 등⁹⁾은 낮은 광도로 중합시 중합 시간을 연장하면 레진의 굽힘 강도와 파절 강도에 영향이 없다고 보고하였다. Mehl 등¹⁰⁾은 저광도로 중합한 후 다시 고광도로 중합시 미세 누출이 적음을 보고하였으며, Feilzer 등¹¹⁾도 초기 저광도 중합군이 초기 고광도 중합군에서보다 미세 누출이 더 적었다고 보고한 바, 초기에 저광도로 중합한 후 다시 고광도로 중합함으로써 충분한 flow로 중합 수축으로 인한 응력을 상쇄하여 미세 누출을 줄일 수 있는 방법이 소개되었다.

복합 레진의 상아질에 대한 결합 강도는 여러 학자들에 의해 연구되어 왔으며^{12,13)}, Causton¹⁴⁾, Bowen과 Cobb¹⁵⁾에 의하면 상아질과의 결합강도는 1.6~17.9MPa의 범위를 갖는 것으로

보고되었다. 높은 결합 강도의 주된 가치는 중합시의 변연 봉쇄성을 얻을 수 있다는 것이고, 결합 강도가 중합 수축으로 인한 응력을 견디지 못할 경우 접착은 파괴된다. Davidson과 de Gee¹⁶⁾의 보고에 의하면 범랑질과 레진과의 결합 강도는 수축에 의한 응력을 충분히 저항할 수 있어, 변연 누출은 상아질면을 따라 발생하게 되며, 1984년 Davidson 등¹⁷⁾은 상아질과의 접착면이 짙을수록 수축 응력이 커져 결합이 파괴될 가능성이 커진다고 보고하였다.

이에 본 연구에서는 중합 수축으로 인한 응력의 분산으로 미세 누출을 예방할 수 있다고 보고된 초기 저광도 광중합이 레진과 상아질간의 결합 강도에는 어떤 영향을 주는지 알아보고자 기존의 광도로 중합한 군과 초기 저광도 중합군 사이의 전단 결합 강도를 측정하였으며, 레진의 중합도를 비교하고자 레진 시편의 표면 미세 경도를 측정하여 평가하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

최근에 발거된 우식이나 결손 부위가 없는 건전한 소의 하악 전치를 대상 치아로 선정하여 수복재와 상아질간의 전단 결합 강도 측정 실험에 사용하였다. 충전재료 Z-100™(3M dental product, U.S.A.) 레진을, 상아질 결합제로 Scotchbond Multipurpose™ (3M dental product, U.S.A.)를 사용하였으며, 광중합을 위해 450 mW/cm²의 광도를 갖는 기존의 광중합기 Curing Light XL3000(3M dental product, U.S.A.)과 광도를 조절할 수 있는 Spectrum™800(Dentsply, U.S.A.)을 사용하였고, Radiometer(Dentamerica, U.S.A.)로 광원의 광도를 측정하였다.

2. 연구 방법

1) 전단 결합 강도 실험

① 대상 치아의 준비

소의 건전한 하악 전치 20개를 선정하여, 치관 표면을 세마하고 치근을 Abor Diamond Wafering Blades(Buehler Isomet, U.S.A.)를 이용하여 분리해낸 후 탈 이온수에 세척하였다. 경조직 절삭기(Velnus, Japan)로 치아를 3개의 절편으

Table 1. Distribution of groups and samples according to the various curing condition

Group	Initial		Final		Sample
	Intensity (mW/cm ²)	Time (sec)	Intensity (mW/cm ²)	Time (sec)	
I	450	40			20
II	300	20	600	20	20
III	250	20	450	20	20

로 절단하여 연구 방법에 따라 각 군당 Table 1과 같이 무작위로 배분하였다.

② 치아의 레진 블록 매몰

교정용 아크릴릭 레진에 매몰하기 위한 주형을 제작하여 치아의 순면이 노출되며 블록의 바닥과 교합면이 수평이 되도록 블록 매몰을 시행하였다. 레진이 경화할 때 발생하는 열을 분산시키기 위하여 차가운 탈이온수에 즉시 담근 후 레진의 충분한 경화가 일어 날 수 있도록 30분간 방치하였으며, 주형에서 치아 블록을 제거 한 후 치아의 탈수를 막기 위하여 실온의 탈이온수에 보관하였다.

③ 상아질 표면의 연마

상아-범랑 경계에서 하방으로 0.5mm까지 상아질을 노출시킨 후 600grit 실리콘 카바이드 페이퍼를 이용하여 균일한 넓이로 상아질이 노출되도록 연마한 후, 내경 2.6mm, 높이 2.0mm의 크기로 제작된 원통형 폴리에틸렌 주형을 Fig. 1과 같이 접착성 왁스로 상아질 표면 위에 고정시켰다.

④ 상아질 표면 처리 및 충전

Scotchbond Multipurpose™를 사용하여 시편의 상아질 면을 15초간 etching, 10초간 수세한 후 blot dry하고 primer를 도포, 건조한 후 adhesive를 균일하게 도포하고 10초간 광중합하였다. 테프론이 피복된 충전기구를 사용하여 Z-100™레진을 충전 한 후 각 군의 조건에 따라 각각 광중합 하였다. I군은 Curing Light XL3000을 이용하여 450mW/cm²의 광도로 40초간 광중합 하였고, II 군은 자체내에서 광도를 조절할 수 있는 Spectrum™800을 이용하여 초기에 300mW/cm²의 광도로 20초간 광중합 한 후 600mW/cm²로 20초간 다시 광중합 하였다. III 군은 Curing Light XL3000을 이용하여 초기에 250mW/cm²의 광도로 20초간 광중합 한 후 다시 450 mW/cm²의 광도로 20초간 각각 광중합 하였다. III군의 광도 조절은 광중합기와 시편의 거리를 변화시키면서 Radiometer

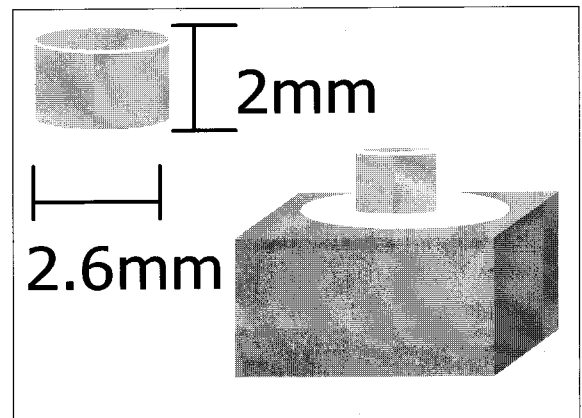


Fig. 1. The diameter of polyethylene tube and schematic drawing of sample block fabrication.

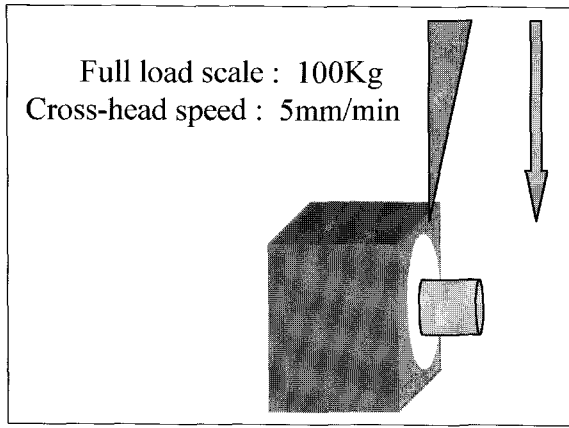
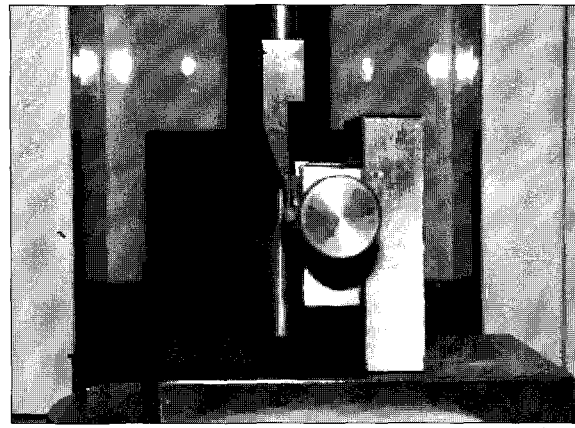


Fig. 2. Schematic drawing of shear bond test.



를 이용하여 광도를 측정 한 후 250mW/cm²의 광도를 갖는 5 mm의 거리에서 광중합을 시행하였다.

⑤ 주형의 제거 및 보관

중합이 완료된 후, 조심스럽게 주형을 제거하고, 37℃의 100% 상대 습도에서 24시간 동안 보관하였다.

⑥ 열 순환

구강내 환경을 재현하기 위하여 표본을 열 순환기(Tokyo, Japan)에 넣고 5℃와 55℃에서 각각 30초 동안 침적시키는 방법으로 총 1000회 시행하였다.

⑦ 전단 결합 강도 측정

각 군 표본의 전단 결합 강도를 측정하기 위해서 만능 실험기(경성시험기, KOREA)를 이용하여 Fig. 2와 같이 최대하중 100kg의 조건에서 분당 5mm의 cross-head speed로 측정하였다.

⑧ 통계 처리

측정된 값을 SPSS 9.0 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA 와 Scheffe test로 검정하였다.

2) 레진 시편의 표면 미세 경도 측정 실험

① 시편 제작

내경 5mm, 길이 2mm의 금속 주형을 제작하여 Z-100™ 레진을 충전한 후, I 군은 450mW/cm²의 광도로 40초간 광중합하였고, II 군은 초기에 300mW/cm²의 광도로 20초간 광중합한 후 600mW/cm²로 20초간 다시 광중합 하였으며, III 군은 250mW/cm²에서 20초, 450mW/cm²에서 20초씩 각각 광중합 하여 군당 10개의 레진 시편을 제작하였고, 이를 37℃의 100% 상대 습도에서 24시간 동안 보관 하였다.

② 미세 경도 측정

미세 경도 측정기(HMV-200, Shimadzu Co., Japan)를

이용하여 각 레진 시편의 상, 하면 중앙에 각각 1회씩 200g의 하중에서 5초의 조건으로 Vickers 미세 경도를 측정하였다.

③ 통계처리

측정된 값을 SPSS 9.0 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA 와 Scheffe test로 검정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단 결합 강도 측정 결과

각 군의 전단 결합 강도의 평균과 표준편차는 Table 2와 같았으며, 이의 box-plot 도표는 Fig. 3과 같다. 초기 저광도 중합군(Ⅱ, Ⅲ)이 기존의 광중합군(Ⅰ)에 비해 다소 높은 평균값을 보이고 있으나, 이를 통계 처리한 결과 군간 유의한 차이는 보이지 않고 있다(Table 3).

2. 레진 시편의 표면 미세 경도 측정 결과

각 군의 레진 시편으로부터 측정된 Vickers 미세 경도값의 평균과 표준 편차는 Table 4와 같으며, 이의 box-plot 도표는 Fig. 4, 5와 같다. 각 군 모두 상면의 미세 경도 평균값이 하면 보다 높으며, 군간의 평균값은 유사하다.

군내 상, 하면의 비교를 위해 Paired t-Test로 통계 처리한

Table 2. Shear bond strength of each group

Goup	Shear Bond Strength
I	14.71±4.48
II	17.14±3.13
III	18.80±7.51

단위 : MPa

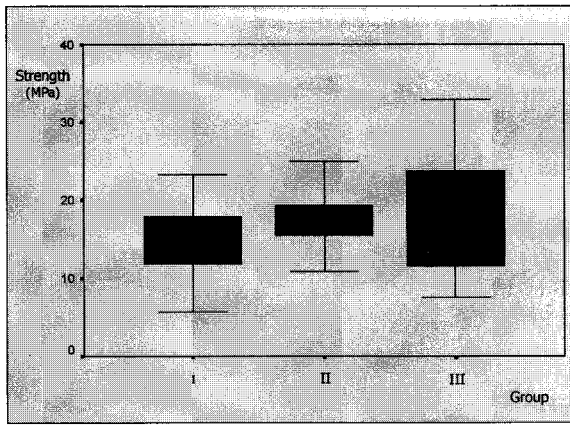


Fig. 3. Box plot of shear bond strength value.

Table 3. Statistical comparison of shear bond strength

	Group I	Group II	Group III
Group I			
Group II	-		
Group III	-	-	

- : No significant difference ($p>0.05$)
(from Scheffe Test)

Table 4. Mean microhardness value with standard deviations

Goup	Mean \pm SD	
	Upper	Lower
I	99.04 \pm 5.3	86.45 \pm 2.74
II	105.2 \pm 5.18	94.56 \pm 5.68
III	102.39 \pm 5.01	92.54 \pm 6.86

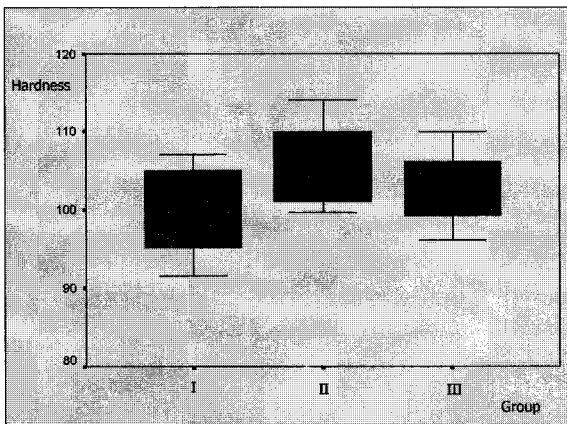


Fig. 4. Box plot of upper microhardness value.

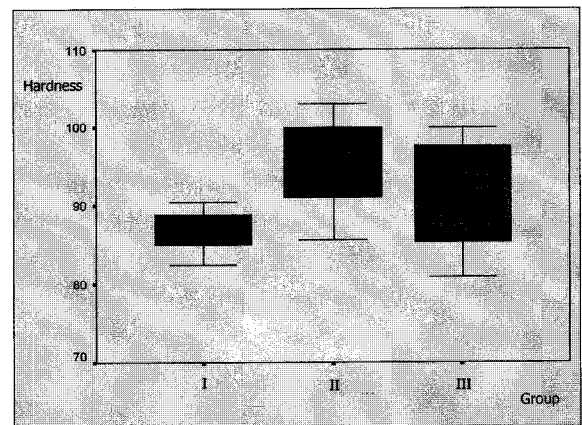


Fig. 5. Box plot of lower microhardness value.

Table 5. Statistical comparison of microhardness value in each group

Goup	Upper	Lower	Probability
I	99.04 \pm 5.3	86.45 \pm 2.74	0.000
II	105.2 \pm 5.18	94.56 \pm 5.68	0.001
III	102.39 \pm 5.01	92.54 \pm 6.86	0.001

(from Paired t-test)

Table 6. Statistical comparison of upper microhardness value

	Group I	Group II	Group III
Group I			
Group II	-		
Group III	-	-	

- : No significant difference ($p>0.05$)
(from Scheffe Test)

Table 7. Statistical comparison of lower microhardness value

	Group I	Group II	Group III
Group I			
Group II	-		
Group III	-	-	

- : No significant difference ($p>0.05$)
(from Scheffe Test)

결과는 Table 5와 같으며 세 군 모두에서 $P<0.05$ 로 통계학적 유의한 차이를 보이고 있다. One-way ANOVA와 Scheffe test로 군간 상면과 하면의 값을 통계 처리한 결과는 Table 6, 7과 같으며 각 군간 유의한 차이는 보이지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

1955년 Buonocore¹⁸⁾가 산부식법을 소개한 이래, 치아 수복 시 수복물과 전진 치질의 수명을 연장시키기 위해 최소 치아 삭제를 통한 보존적인 형태의 와동 형성이 가능한¹⁾ 접착성 수복재료의 임상 사용이 늘어가고 있으며, 최근 증가된 심미적 요구와 재료 물성의 향상, 그리고 상아질 결합제의 발전으로 여러 종류의 접착성 심미 수복재의 사용이 광범위해지고 있다.

복합 레진은 색조 재현성이 뛰어나고 수은을 방출하지 않으며, 열전도도가 낮다는 장점을 가지며, 특히 광중합형 복합 레진은 화학 중합형 레진에 비해 기포 형성과 변색이 적고 충분한 작업 시간을 가지며 조작이 간편하다는 장점을 갖고 있다. 복합 레진은 중합 방법에 따라 화학 중합형, 자외선 중합형, 가시광선 중합형 등으로 분류되며, 가시광선 중합형 레진은 468 nm(370~500nm)에 민감한²⁾ camphoroquinone을 기시제로 가지고 있어 광선에 의한 camphoroquinone의 활성화로 중합이 시작되며 적절한 중합을 위해 Adrian 등¹⁹⁾은 250mW/cm² 이상의 광도와 1회 중합시 레진의 깊이를 2mm이하로 할 것을 추천하였고, 일반적으로 300mW/cm² 이상의 광도에서는 40초간의 중합시간이 필요하며, 200~300mW/cm²의 광도에서는 중합시간을 더 연장시켜야 하고, 200mW/cm² 이하의 광도를 갖는 중합기는 사용하지 말 것을 권장하고 있다.

복합 레진은 중합과정에서 중합수축이 발생하며²⁰⁾, 특히 광중합형 레진은 단량체의 변환(conversion)이 덜 일어날 수 있고 광원 방향으로 불규칙한 수축이 일어날 수 있다는 단점이 있다²⁾. Bowen 등²¹⁾은 중합 수축시 발생하는 응력은 약 5.5~7.8MPa 정도라고 보고하였으며, Davidson과 de Gee¹⁶⁾는 법랑질에서의 레진-치아간 이중 결합은 이 힘에 저항할 만큼 충분한 결합력을 갖는다고 보고하였다. Rees와 Jacobsen²²⁾에 의하면 중합수축은 치아와 레진 계면에서 물리적 응력을 발생하여 부착성 결합(adhesive bonding)을 파괴하고 마침내 미세 누출을 일으킬 수 있으며 결합강도 또한 저하시킬 수 있다고 보고되었고, Asmussen과 Jorgensen²³⁾도 중합시 발생하는 응력에 의해 법랑질 변연부의 미세 균열이 발생할 수 있다고 보고하였다. Eick과 Welch²⁴⁾은 레진의 중합 수축으로 인한 미세 누출을 주사 전자현미경으로 관찰하였으며 한 번에 와동을 충전한 후 중합하는 방법이 더 기포가 많고 수축이 심하였다고 보고하였다.

Davidson과 de Gee¹⁶⁾는 중합 수축으로 인한 틈은 총 부피의 1.67~5.68%로 다양하다고 보고하였으며, Goldman²⁵⁾은 자체 고안한 부피수축 측정 방법으로 여러 화학 중합형과 광중합형 레진의 중합 후 부피 수축을 조사한 결과 광중합형 레진의 수축이 가장 적었다고 보고하였다. Bausch 등²⁶⁾과 Suliman 등²⁷⁾은 팽창계를 이용하여 중합 수축을 측정하였으며 특히 Suliman은 그 결과 근심-교합면-원심을 레진으로 수복한 소구치의 교두간 거리를 비교한 실험에서 필러의 양이 많은 레진은 중합 수축과 교두의 변형이 감소하였다고 보고하였다.

Brannstrom²⁸⁾은 중합 수축에 의한 틈은 즉시 구강액과 치수액 그리고 박테리아로 채워진다고 보고하였고, 이런 미세 누출

은 수복물과 치아 사이에 형성되는 미세 간극을 통해 산, 효소, 미생물과 그 부산물들이 침투하게 되는 통로로 정의되며²⁹⁻³¹⁾, 이 결과로 수복물 주위에 이차 우식 병소나 변색이 발생할 수 있고 치질과의 미세 간극과 상아세관을 통과하여 치수조직으로 이입된 세균과 그 부산물이 수복 후의 동통이나 과민 반응 및 궁극적으로는 치수의 병변까지 일으키는 것으로 알려져 있다^{32,33)}.

중합 수축을 줄일 수 있는 방법으로 sandwich법³⁴⁾, 적층 충전법³⁵⁾, 레진 인레이³⁶⁾ 그리고 광원으로 수축한다는 가정하에 2급와동에서 빛을 측방으로 반사시킬 수 있는 wedge의 사용³⁷⁾ 등이 이용되고 있으며, 최근 초기 저광도 광중합법이 새로이 시도되고 있다.

초기 저광도 광중합법은 Uno와 Asmussen⁶⁾에 의해 처음 소개된 방법으로 중합 반응의 속도는 flow에 의한 응력의 완화에 있어 중요하며 천천히 중합시 중합 수축으로 인한 응력이 분산되어 미세 누출을 줄일 수 있다고 하였으며 이를 'soft start-polymerization'이라 하였다. Davidson과 de Gee¹⁶⁾는 레진은 중합 과정에서 pregel stage(초기 중합)와 postgel stage(후기 중합)를 가지며, 초기 중합과정에서 중합수축은 와동벽으로의 flow에 의해 상쇄되고 후기 중합시 재료의 단단함(stiffness)이 증가되기 때문에 flow가 중단되므로, 초기 저광도 중합은 초기 중합 기간을 증가시킴으로써 후기 중합시의 중합수축이 적어짐에 따라 중합시의 내부 응력이 상쇄되며 변연의 틈을 예방할 수 있다고 보고하였다. 또 Goracci 등⁷⁾은 실험실 내 실험에서 점차적으로 천천히 중합한 시편에서 상아질과 레진 사이의 틈은 관찰할 수 없었다고 보고하여 이를 뒷받침하였으며, Feilzer 등¹¹⁾도 초기 저광도 중합군이 초기 고광도 중합군에서보다 미세 누출이 더 적었다고 보고하였고, Mehl 등¹⁰⁾의 보고에 의하면 광원의 100% 광도가 450mW/cm² 일 때 이의 56~70%의 광도를 초기 저광도로 사용시 가장 미세 누출이 적었다. 본 연구에서는 중합 수축으로 인한 응력의 분산으로 미세 누출을 예방할 수 있다고 보고된 초기 저광도 광중합이 레진과 상아질간의 결합 강도에는 어떤 영향을 주는지 알아보자 기존의 광도로 중합한 군과 초기 저광도 중합군 간의 전단 결합 강도를 측정하였다.

전단 강도는 구강내에서 일어날 수 있는 외력 중 측방력에 대항하는 힘을 측정하는 지표이며 특히 상아질은 법랑질에 비해 그 결합력이 현저히 떨어지는데, 그 이유로 상아질은 법랑질보다 무기 성분의 함량이 적고 하이드록시아파타이트의 배열도 불규칙하며 유체로 차 있는 상아세관이 존재하여 25~30 mmHg의 약하지만 지속적인 치수 내압에 의해 외부로 유체가 방출된다³⁸⁾는 점 등을 들 수 있다.

광도를 조절하는 방법으로는 전압이나 전류를 변환하는 방법, 필터를 사용하는 방법, 광원과의 거리를 조절하는 방법 등 여러 가지 방법이 있으며 최근 광도를 자체 내에서 조절할 수 있는 새로운 중합기가 생산되고 있어 훨씬 용이해졌다. 본 실험에서는 기존의 중합군은 450mW/cm²의 광도로 통상적인 방법에 따라 광중합 하였고, 초기 저광도 중합군은 광도를 조절할 수 있는 중합기를 이용하여 제조자의 추천 광도인 300

mW/cm²와 600mW/cm²에서 각각 중합하였으며, 기존 광중합기를 이용하여 연구보고¹⁰⁾에 따라 250mW/cm²와 450mW/cm²에서 각각 광중합 하였다. 기존의 광중합기를 이용한 저광도는 광원과 시편간의 거리를 조절하여 얻었으며, 250mW/cm²의 광도를 갖는 거리는 5mm였고 일정하게 거리를 유지할 수 있는 장치를 고안하여 사용하였다. 본 연구의 결과에 의하면 초기 저광도 광중합군의 상아질 전단 결합 강도가 다소 높은 평균값을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

광원의 광도는 레진의 중합도와 밀접한 관계가 있으며 이 중합도는 레진의 강도, 경도, 마모저항 등 다양한 물리적 성질을 결정 지으며 체적 안정성, 색 및 생체 적합성 등에도 영향을 준다^{39,40)}. 레진의 불완전 중합시, Inoue와 Hayashi⁴¹⁾는 잔여 단량체가 중합체의 물성을 저하할 뿐 아니라 침으로 녹아 나와 수복물내 결손부가 생겨 이차 우식 증가시킬 수 있다고 보고하였고, Pearson 등⁴²⁾은 수분에 더 잘 용해되고 수분 흡수도 증가하여 색의 안정성이 떨어지고 색소 침착도 증가 한다고 보고하였으며, Stanley 등⁴³⁾은 불완전하게 중합된 복합 레진은 치수에 자극을 줄 수 있다고 보고하였다. 그러나 Miyazaki 등⁹⁾은 중합도는 광도에 의해 결정되는 것이 아니라 주어진 총 광에너지에 의해 결정된다고 하였으며, Mehl 등¹⁰⁾과 Unterbrink와 Muessner⁴⁴⁾의 보고에 의하면 저광도로 중합후 다시 고광도로 중합시 중합도에 변화가 없으며 잔여 단량체의 양도 증가되지 않았으며 미세 경도 굽힘 강도 굽힘 변수 등 물리적 성질의 저하도 보이지 않았다고 보고하였다.

Asmussen⁴⁵⁾은 infrared spectroscopy는 중합시 탄소의 이중결합이 단일결합으로 변환하는 것을 평가하는 것으로 누프 경도 측정치는 상관관계가 있으며 일반적으로 높은 미세 경도 값은 더 많은 중합이 일어났음을 시사한다고 보고하였고, DeWald와 Ferracane⁴⁶⁾은 적절한 중합을 위한 레진의 두께는 중합시 하면의 미세 경도 값이 상면의 값의 80~90%이어야 한다고 보고하였으며, Rueggeberg와 Jordan⁴⁷⁾은 표면의 단량체 변환 정도를 기준으로 했을 때 2mm하방의 중합도는 비관적이었으며 특히 낮은 강도로 적은 시간 중합시 더 그러하다고 보고하였다.

본 연구에서는 초기 저광도 중합시 레진의 중합도를 평가하기 위하여 1회 광중합시 추천되는 깊이 2mm, 지름 5mm의 레진 시편을 제작하여 200g의 하중에서 5초간의 조건으로 상면과 하면에 각각 1회씩 Vickers 표면 미세 경도를 측정하였다. Vickers 경도는 금속 재료와 취성재료의 경도 측정에 적합하여, 치과 구조용 합금, 취약성을 갖는 치과용 접착제, 세라믹 및 치아조직 등의 경도 측정에 이용된다. 본 실험에서의 측정 결과 각 군 모두 상면과 하면 사이에 통계학적 유의한 차를 보였으나, 하면이 상면 값의 80~90% 내에 들어가며 두 값 모두 임상적으로 받아들여질 만한 값이었고, 각 군간의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없어 초기 저광도 중합이 레진의 중합도에 영향을 주지 않는 것으로 사료되었다.

본 연구에서는 하악 우선치를 사용하였는데, Nakamichi 등⁴⁸⁾

은 우치는 조직학적으로나 형태학적으로 사람의 치아와 유사하며 여러 접착성 재료에 있어 범랑질이나 천층의 상아질에서의 결합력은 사람의 치아와 유의한 차이가 없어 결합의 실험에 있어 대체재로 충분하다고 보고 하였다. 우치는 구하기가 용이하며 충분한 면적의 상아질을 손쉽게 얻을 수 있어 본 실험에서도 하나의 치아에서 세 군의 시편을 얻음으로써 실험실 상의 오차를 줄이려 노력하였다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 기존의 광중합법에 비해 초기 저광도 중합시 레진의 물성은 나빠지지 않았으며, 통계학적 유의차는 없었으나 다소 높은 전단강도를 보여, 이미 보고된 바와 같이 중합 수축시 응력을 분산하여 수복물 변연부의 미세 누출을 감소시킬 수 있다면 추천될 만한 방법이라고 판단되었다. 그러나, 본 연구에서는 실험실내의 온도와 조명등에 따른 중합도의 차이⁴⁹⁾가 고려되지 못하였으며, 실제 임상에 있어 와동의 깊이나 레진의 화학 구조, 필러 비율, 입자크기, 색, 투과도 등에 따라 중합의 정도가 달라질 수 있으므로 앞으로 더 많은 보완 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 광중합형 레진 수복시 중합수축으로 인한 내부 응력의 상쇄 방법으로 초기 저광도 광중합의 사용이 상아질과의 결합 강도와 레진의 물성에 미치는 영향을 알아보고자 함이었으며, 이를 위해 레진 수복재와 상아질면의 전단 결합 강도와 미세 경도를 측정하여 평가 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상아질과의 전단 결합 강도의 평가 결과 각 군간의 통계학적 유의한 차이는 없었으나, 초기 저광도 중합군(Ⅱ, Ⅲ)이 기존의 중합군(Ⅰ)에 비해 다소 높은 평균값을 보였다.
2. 레진 시편의 미세 경도 평가 결과 상, 하면 모두에서 각 군간 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나, 초기 저광도 중합군(Ⅱ, Ⅲ)이 기존의 중합군(Ⅰ)에 비해 다소 높은 평균값을 보였다.
3. 각 군내의 상, 하면 미세 경도의 평가 결과 상, 하면 모두 양호한 결과를 보였으나, 세 군 모두에서 상면이 하면에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 값을 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 기존의 광중합법에 비해 초기 저광도 광중합법이 레진 수복재의 물성 저하 없이 전단 강도를 증가시키는 것으로 나타났으나 통계학적 유의차는 발견할 수 없었다. 그러나, 실제 임상에 있어 와동의 깊이나 레진 필러의 종류 그리고 색에 따라 중합의 정도가 달라질 수 있으므로 이를 임상적으로 응용하기에는 더 많은 보완 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Leinfelder KS : A conservative approach to placing posterior composite resin restorations. J Am Dent

- Assoc 127:743-8, 1996.
2. Ruyter IE : Conversion in different depths of ultra-violet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 40:179-182, 1982.
 3. Alster D, Feilzer A, de Gee AJ : The dependence of shrinkage stress reduction on porosity concentration in thin resin layers. *J Dent Res* 71:1616-1622, 1992.
 4. Warren K : An investigation into the microhardness of a light cured composite when cured through varying thickness of porcelain. *J Oral Rehabil* 17:327-334, 1990.
 5. Venhoven BAM, de Gee AJ, Davidson CL : Polymerization contraction and conversion of light-curing Bis GMA-based methacrylate resins. *Biomaterials* 14:871-875, 1993.
 6. Uno S, Asmussen E : Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scan J Dent Res* 99:440-444, 1991.
 7. Goracci G, Casa de Martinis L, Mori G : Curing light intensity and marginal leakage of composite resin restorations. *Quint Int* 27:355-362, 1996.
 8. Pilo R, Oelgiesser K, Cardash HS : A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 27:235-241, 1999.
 9. Miyazaki M, Oshida Y, Moore BK, Onose H : Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composite. *Dent Mat* 12:328-332, 1996.
 10. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH : Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. *J Dent* 25:321-330, 1997.
 11. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL : Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration cavity interface. *Eur J Oral Sci* 103:322-326, 1995.
 12. Bowen RL, Cobb EN, Rapson JE : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res* 61:1070-1076, 1982.
 13. Asmussen E, Munksgaard EC : Bonding of restorative resins to dentin by means of methacryloylchloride and methacryloyl-R-isocyanate. *Scand J Dent Res* 91:153-155, 1983.
 14. Causton BE : Improved bonding of composite restoration to dentin. *Br Dent J* 156:93-95, 1984.
 15. Bowen RL, Cobb EN : A method of bonding to dentin and enamel. *J Am Dent Assoc* 107:734-736, 1983.
 16. Davidson CL, de Gee AJ : Relation of polymerization contraction stresses by flow in dentinal composite. *J Dent Res* 63:146-148, 1984.
 17. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63(12):1396-1399, 1984.
 18. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34:859, 1955.
 19. Adrian C, Shortall H, Edward H : Effect of light intensity on polymerization of three composite resins. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 4(2):71-76, 1996.
 20. Hansen DK : Visible light cured composite resin: polymerization contraction, contraction pattern and hygroscopic expansion. *Scand J Dent Res* 90:329-335, 1981.
 21. Bowen RL, Nemoto K, Rapson JE : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissue: forces developing in composite materials during hardening. *J Am Dent Assoc* 106:475-477, 1983.
 22. Rees JS, Jacobsen PH : The current status of composite materials and adhesive systems. 6: Clinical techniques for indirect placement. *Restorative Dent* 7(1):21-23, 1990.
 23. Asmussen E, Jorgensen KD : A microscopic investigation of the adaptation of some plastic filling materials to cavity walls. *Acta Odontol Scand* 30:3-21, 1972.
 24. Erick JD, Welch FH : Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quint Int* 17(2):103-111, 1986.
 25. Goldman M : Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. *Aust Dent J* 28(3):156-161, 1983.
 26. Bausch JR, de Lange K, Davidson CL, et al. : Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. *J Prosthet Dent* 48(1):59-67, 1982.
 27. Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS : Polymerization shrinkage of composite resin : Comparison with tooth deformation. *J Prosthet Dent* 71:7-12, 1994.
 28. Brannstrom M : Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restora-

- tive treatment. *Oper Dent* 12:158-163, 1987.
29. Kidd EAM : Microleakage : a review. *J Dent* 4:199-206, 1976.
 30. Mangum FI Jr, Berry EA, DeSchepper E, Rieger MR : Microleakage of incremental versus compression matrix bulk filling of cervical resin composite restorations. *Gen Dent* 42:304-8, 1995.
 31. Munksgaard EC, Hansen EK, Asmussen E : Effect of five adhesives on adaptation of resin in dentin cavities. *Scand J Dent Res* 92:544-548, 1984.
 32. Ferdianakis K, White GE : Newer class I cavity preparation for permanent teeth using air abrasion and composite restoration. *J Clin Pedo Dent* 23(3):201-216, 1999.
 33. Fischel HF, Cruickshanks-Boyd DW, Davis EH : Setting characteristics and porosity of a composite resin. *Quint Int* 12:1345-1351, 1982.
 34. Darhishyre PA, Messer LB, Douglas WH : Microleakage in class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *J Dent Res* 67:585-587, 1988.
 35. Rees JS, Jacobsen PH : Restoration of teeth with composite resin. 2. Indirect placement composite. *Dental Update* 24:25, 1996.
 36. Robinson PB, Moore BK, Swartz ML : Comparison of microleakage indirect and direct composite resin restoration in vitro. *Oper Dent* 18:117-120, 1987.
 37. Lutz F, Krejci I, Luescher B, Oldenburg TR : Improved proximal margin adaptation of Class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quint Int* 17(10):659-664, 1986.
 38. Nor JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA : Dentin bonding ; SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res*. 75(6):1396-1403, 1996.
 39. Seghi RR, Gritz MD, Kim J : Calorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dent Mat* 6:133-137, 1990.
 40. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, et al. : Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials* 12(8):737-740, 1991.
 41. Inoue K, Hayashi I : Residual monomer(Bis-GMA) of composite resins. *J Oral Rehabil* 9:193-497, 1982.
 42. Pearson GJ, Longman CM : Water sorption and solubility of resin based materials following inadequate polymerization by a visible light curing system. *J Oral Rehabil* 16:57-61, 1989.
 43. Stanley HR, Myers CL, Heyde JB, Chambfrlain J : Primate pulp response to an ultraviolet light cured restorative material. *J Oral Pathol* 1(3):108-114, 1972.
 44. Unterbrink GL, Muessner R : Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 23:183-189, 1995.
 45. Asmussen E : Restorative resins : hardness and strength vs quality of remaining double bonds. *Scand J Dent Res* 90:484-489, 1982.
 46. DeWald JP, Ferracane JL : A comparison of four modes of evaluation depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 66:727-730, 1982.
 47. Rueggeberg FA, Jordan DM : Effect of light-tip distance on polymerization of resin composites. *Int Prosthodont* 6:364-370, 1993.
 48. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayma T : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res* 62(10):1076-1081, 1983.
 49. 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.

Abstract

**A STUDY OF THE EFFECT OF LOW INTENSITY INITIAL LIGHT CURING ON THE
BOND STRENGTH OF RESIN RESTORATION**

Mi-Ran Han, Jong-Soo Kim, Soon-Won Kwon

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

Recently some studies have shown that low light intensity followed by final cure at high light intensity may result in a smaller marginal gap and may be no negative effect on material properties.

The purpose of this study was to evaluate the influence of the initial cure with low intensity on the shear bond strength of dentin and the microhardness of composite resin.

Twenty intact bovine teeth were prepared for shear bond strength test and each tooth sectioned to three specimens. The specimens were randomly divided into three groups according to the light intensity and curing time as follows :

Group I . 450mmW/cm² 40sec

Group II . 300mmW/cm² 20sec and 600mmW/cm² 20sec

Group III . 250mmW/cm² 20sec and 450mmW/cm² 20sec

Samples of each group were restored with light-cured composite resin after dentin bonding and then the shear bond strength of each specimen were measured using universal testing machine.

Ten resin specimens per group were prepared. After 24 hours, the Vickers microhardness value was measured at the top and bottom surfaces.

The result are as follows:

1. Mean value of low initial intensity groups(II, III) were higher than the control group(I) in shear bond strength, but no significant difference could be found.
2. No significant difference could be found between three groups in microhardness.

Key words : Low initial intensity, Shear bond strength