

다양한 중합 방법으로 제작한 간접 수복물용 복합레진의 굴곡 강도

김동연, 박진영, 강후원*, 김지환**, 김웅철**

고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소, 동아보건대학교 치기공과*, 고려대학교 보건과학과 치의기공전공**

Flexural strength of composite resin fabricated by various polymerization method

Dong-Yeon Kim, Jin-Young Park, Hoo-Won Kang*, Ji-Hwan Kim**, Woong-Chul Kim**

Institute for Health Science, College of Public Health Science, Korea University

Department of Dental Laboratory, Donga College of Health*

Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University**

[Abstract]

Purpose: The aim of this study is to evaluate composite resins of indirect restorations for testing of flexural strength according to various polymerization methods.

Methods: Specimen was produced a total of 40 to 10 per each group with a length 25 mm, width 2 mm, thickness 2 mm using a Teflon zig. The polymerization groups were classified into four groups. The first group proceeded with light curing only(LC group). The second group proceeded with light and heat curing(LHC group). The third group proceeded with air press and light curing(ALC group). The fourth group proceeded with air press, light and heat curing(ALHC group). Each prepared group was evaluated by flexural strength test. Statistical analysis was performed by one-way ANOVA. Post-test was performed with Tukey test.

Results: The lowest in the ALC group was 119.18 MPa and the highest in the ALHC group was 168.15 MPa. There were statistically significant differences.

Conclusion : The composite resin of the indirect restoration is recommended to heat curing along with the air press.

◎ **Key words:** Composite resin, Light curing, Heat curing, Flexural strength

* 본 논문은 2017년도 중소기업청 산학연협력기술개발(C0530506)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

Corresponding author	Name	김 웅 철	Tel.	02-3290-5667	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr
	Address	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공				
Received	2018. 4. 21	Revised	2018. 5. 25	Accepted	2018. 6. 8	

I. 서론

최근 사회·경제가 발전함에 따라 보철물의 기능은 물론이고 심미 부분에 더욱 관심이 모아지고 있다. 이러한 심미 보철물은 최근 지르코니아도재관(Porcelain fused to zirconia crown, PFZ), 금속소부도재관(Porcelain fused to metal crown, PFM)으로 최종 수복물로 제작되고 있다(Abrisham et al, 2017). 이와 더불어 간접 수복용 복합레진(Indirect composite resin)의 사용 빈도도 증가하고 있으며, 이러한 복합레진은 환자의 만족도 또한 크게 증가하고 있다(Dejak & Młotkowski, 2015). 복합레진은 기존의 지르코니아 및 금속소부도재관 보다 공정이 간략하기 때문에 짧은 시간에 보철물을 제작이 가능하며, 심미적으로 우수한 보철물 제작이 가능하다.

간접복합레진은 1980년대에 임상적으로 적용이 되었으나 많은 실패를 보였으며, 1990년도에는 이전에 단점을 보완하여 임상적으로 적용의 한계를 극복하였다. 이러한 간접복합수복물의 기계적 특성을 측정하는 척도로는 경도, 강도, 인성, 연성 등이 있다(Setz & Engel, 1997; Cesar et al, 2001; Min & Chung, 2008). 기계적 척도 중에서 수복물의 내구성과 기능에 가장 중요한 역할을 하는 것은 굴곡 강도이다. 굴곡 강도는 굽힘 강도로도 잘 알려져 있으며, 특정한 물체에 수직으로 하중을 작용하여 특정 물체가 버틸 수 있는 강도를 의미한다. 수복물의 굴곡강도를 측정하는 방법은 재료에 따른 평가 기준이 다르다. 이러한 레진 계열의 굴곡강도 시험은 국제표준규격(ISO 10477)에 준하여 측정하게 된다.

굴곡강도를 측정하는 것은 수복물의 취성을 고려할 수 있게 하고 외력(교합)에 저항하는 압력을 예상하는 것이 가능하다(Kim, 2017). 적절한 굴곡 강도를 보유하지 못할 경우에는 파절 부위에 이차 우식의 발생과 보철물의 수복 실패로 이어질 수 있다. 또한 높은 굴곡 강도는 미세균열(Microcrack) 발생을 예방할 수 있는 중요한 요소라고 할 수 있다(Kim, 2017). 이러한 적절한 강도를 가진 복합 레진을 제작 시 광중합만으로 제작이 가능하였다. 그러나 최근 열중합 과정을 추가적으로 시행함으로써 강도를 높이는 연구가 진행되고 있으며, 또한 가압

을 함으로써 부가적인 중합에 관련한 추가 연구가 진행되고 있다. Mandikos 등(2001)은 레진의 중합정도, 충전재의 함량, 크기, 형태에 있다고 하였다. 따라서 중합과정으로 인해 복합레진의 굴곡강도의 영향을 미칠 수 있다.

따라서 본 연구에서는 간접수복물의 복합레진을 다양한 중합 방식에 따라 3점 굴곡강도의 시험을 하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 시편 제작

본 연구에서 중합방식에 따른 복합레진의 굴곡강도 시험을 4개의 그룹으로 구분하여 시편을 준비하였다(Table 1).

Table 1. Curing process classified into 4 groups

Group	Polymerization		
	First stage	Second stage	Third stage
LC	Light curing	—	—
LHC	Light curing	Heat curing	—
ALC	Air press	Light curing	—
ALHC	Air press	Light curing	Heat curing

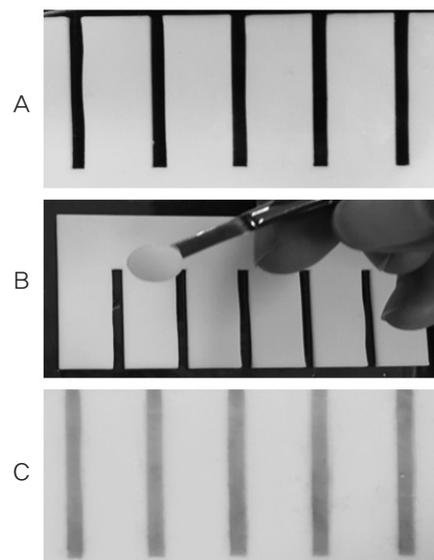


Figure 1. Production of specimens using Teflon jig
 A. Teflon jig,
 B. Composite resin production using sculpture,
 C. Pre-curing step

시편의 국제표준규격(ISO 10477)에 준하여 시편 제작을 하였다. 시편은 테플론 지그(Teflon jig)를 사용하여 길이 25 mm, 폭 2 mm, 두께 2 mm로 각각 그룹마다 10개씩 하여 총 40개를 제작하였다(Fig 1).

2. 광중합(Light curing, LC group)

테플론 지그에 복합레진 10개를 압접하였으며, 이어서 광중합 장비(Led cure master, Yamakin Co., Japan)를 사용하였다(Fig 2). 중합과정은 전용의 광 중합기를 사용하여 권장하는 스케줄로 진행하였으며 다음과 같다. 광중합 장비 내부에 60초 동안 건조 과정을 거치고, 추가적으로 90초 동안 광중합과정을 거쳤다. 총 10개의 중합된 복합레진을 완료 하였다.



Figure 2. Light curing machine

**3. 광중합과 열중합
(Light curing and heat curing, LHC group)**

테플론 지그에 복합레진 10개를 압접하였으며, 이어서 광중합 장비(Led cure master, Yamakin Co.)를 사용하였다(Fig 2). 중합과정은 전용의 광 중합기를 사용하여 권장하는 스케줄로 진행 하였으며 다음과 같다. 60초 동안 건조 과정을 거치고 이어서 90초 동안 광중합과정을 거쳤다. 이어서 열중합 과정을 110℃에서 15분 동안 유지하여 총 10개를 중합을 완료 하였다(Fig 3).



Figure 3. Heat curing machine

**4. 공기 가압, 광중합
(Air press and light curing, ALC group)**

테플론 지그에 복합레진 10개를 압접하였다(Fig 2). 이어서 가압 및 광중합 전용의 장비(Tescera ATL II, Bisco, USA)를 사용하여 산소가 없는 물속에서 압력을 가하였다(Fig 4). 압은 80 psi로 하였으며 33분 동안 압력을 가한다음, 동일 장비를 사용하여 광중합을 시행하였다.



Figure 4. Air press and light curing machine

5. 공기 가압, 광중합, 열중합 과정 (Air press, light curing and heat curing, ALHC group)

테플론 지그에 복합레진 10개를 압접하였다(Fig 2). 이어서 가압 및 광중합 전용의 장비(Tescera ATL II, Bisco)를 사용하여 산소가 없는 물속에서 압력을 가하였다(Fig 4). 압은 80 psi로 하였으며 33분 동안 압력을 가한 다음 동일 장비를 사용하여 광중합을 시행하였다. 이어서 열중합 과정을 110℃에서 15분 동안 유지하여 총 10개를 중합을 완료 하였다(Fig 3).

6. 굴곡강도 측정

준비된 각각의 그룹의 시편을 만능재료시험기(Instron 3345, Instron, Canton, MA, USA)로 3점 굴곡 시험법으로 측정하였다(Fig. 5). 하중 속도는 1 mm/min이고, 지지 스패의 길이는 20 mm로 설정하였다.

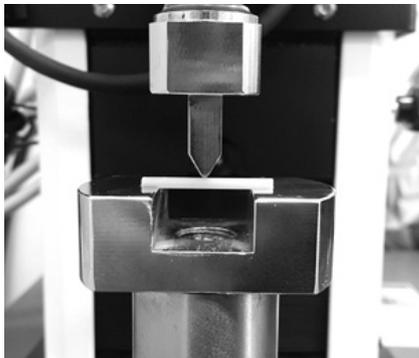


Figure 5. Universal testing machine for flexural strength

7. 통계분석

통계분석은 IBM SPSS statistics 21.0(IBM Co., USA)을 이용하였다. 정규성 검정을 하여 정규성을 만족하였으며, 3 그룹의 유의성 검정을 위해서 one-way ANOVA를 시행하였다. 통계적 유의 수준은 0.05로 설정하였다. 사후검정은 Tukey-test 로 시행하였다.

III. 결과

결과 값은 Table 2와 같았다. ALC 그룹이 가장 적은 119.18 MPa의 강도 값을 보였으며, ALHC 그룹은 가장 큰 168.15 MPa의 강도 값을 보였다. 또한 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Table 2. Result of three-point flexural strength of composite resins (n=10, per group)

Unit: MPa

*Group	N	Mean	Standard deviation (SD)	95% confidence interval(CI)		P
				Min	Max	
1. LC	10	145.47 ^{ab}	30.56	123.61	167.33	0.002
2. LHC	10	145.60 ^{ab}	30.95	123.46	167.74	
3. ALC	10	119.18 ^a	13.84	109.28	129.09	
4. ALHC	10	168.15 ^b	24.62	150.53	185.76	

*LC: light curing; LHC: light curing, heat curing, ALC: Air press, light curing, ALHC: Air press, light curing and heat curing

IV. 고찰

치과분야에서의 간접 수복물인 복합레진의 사용빈도가 높은 이유는 심미적으로 우수함과 더불어 제작 시간이 간소화로 인한 것이다. 이러한 장점으로 인해 복합레진의 임상적으로 적용 위해서는 기계적, 화학적, 생물학적으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 복합레진으로 제작한 보철물은 구강 내 복잡한 환경으로 인해 응력이 발생되어 파절 되는 현상으로 인해 기계적 특성인 굴곡 강도를 중요하게 여기고 있다(Junior et al, 2008; Jun et al, 2013; Kim et al, 2017). 이러한 복합레진은 광(light)·열(heat)로 인해 민감하게 중합 반응을 보이기 때문에 중합방식에 다른 굴곡강도가 가장 중요한 요소이다.

본 연구에서는 다양한 중합 방식으로 중합시킨 복합레진의 3점 굴곡 강도를 평가를 하였으며, 굴곡강도 시험 방법은 국제 표준 규격인 ISO 10477에 준하여 평가가 되었다. ISO 10477에서 제시된 굴곡 강도의 조건은 50 MPa의 이상의 값이다. 시험 방법은 시편의 규격을 길이 25 mm, 폭 2 mm, 두께 2 mm의 막대 모형으로 제

작하였다. 그리고 구강 내 환경을 유사한 조건을 위해서 37°C의 증류수에 24시간 동안 담근다. 이어서 만능시험 장비를 사용하여 지그의 스펠 길이를 20 mm로 설정하고 1 mm/min로 3점 굴곡 강도를 시험하였다.

Kim 등(2017)에 의하면 심포니, 테세라, 트위니의 굴곡 강도는 각각 83.38 MPa, 139.90 MPa, 171.71 MPa로 트위니 소재가 가장 우수한 굴곡 강도를 보였다. 이러한 트위니 소재의 제작은 광중합과 열중합 과정을 거쳐 제작하게 된다. 본 연구에서는 다양한 제작 방법을 사용하여 가압, 광중합을 시행한 ALC 그룹이 가장 낮은 굴곡 강도의 결과 값을 보였고, 가장 큰 굴곡 강도는 가압, 광중합, 열중합을 시행한 ALHC 그룹으로 나타났다. 평균 및 표준 편차의 값에서는 ALC 그룹과 ALHC 그룹 간의 약 48 MPa 정도의 차이를 보였다. 기존 문헌에서는 복합 레진의 기계적 특성에 복합레진의 중합 방법과 부가중합 정도에 따라 강도가 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Wendt, 1987; Kim et al, 2017). 따라서 본 연구에서도 LC 그룹만 광중합을 하였으며, LHC 그룹과 ALHC 그룹은 열중합 과정을 통해 굴곡 강도가 높은 결과를 보였다.

부가적 중합은 복합레진이 체내 안정성, 용해 저항성, 기계적, 물리적 성질과 같은 특성을 얻을 수 있도록 중합을 최대화하기 위해서 시행한다. 또한 광중합만으로 제작한 복합레진 보다 열 중합을 추가로 시행한 복합레진은 우수한 기계적 성질을 얻음으로써 11%의 이상의 강도 향상을 할 수 있다고 하였다(Reinhardt et al, 1994; Kim et al, 2017).

본 연구에 있어 LC 그룹과 LHC 그룹은 제조회사의 전용 광중합 장비를 사용하여 시편을 제작하였다. 그러나 ALHC 그룹의 열중합 과정은 전용의 제조회사의 장비를 사용하였으나 가압과 광중합을 시행할 때에는 타 회사의 장비를 사용하여 굴곡 강도를 사용하였다. 타사 업체의 제품을 연구함으로써 강도 부분에서는 높은 값을 얻었으나 그 외적인 기계적 평가가 추가적으로 필요하다.

본 연구의 결과 부분에 있어 제조사에서 제시한 굴곡 강도의 시험 결과 값은 239 MPa을 제시하였으나, 제조회사의 제시된 값 보다 낮은 굴곡 강도를 보였다. 이러

한 이유는 여러 가지 조건이 다르겠지만 실내 환경 및 술자의 복합레진의 미숙과 부족한 기술적으로 인하여 발생된 것으로 보인다. 또한 열 중합기 장비가 독점으로 수입하고 있는 재료상에서 수입 단가로 전용의 장비가 아닌 재료상에서 자체적으로 제작한 장비를 사용하였다. 이러한 이유로 인해 오차일 것으로 사료되며, 본 연구에 있어 굴곡 강도의 결과 값을 일반화하기에는 한계점으로 보인다. 그러나 공정 방식에 따라 ALHC 그룹의 굴곡 강도 값이 크게 나타난 것이 관찰되었다. 추후 연구에서는 다양한 기계적 평가를 통해서 심층적인 분석과 다수의 시편을 제작하여 신뢰성 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서의 결론은 간접 수복물의 복합레진은 가압을 진행함과 더불어 열 중합 과정을 거쳐 제작하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

REFERENCES

- Abrisham SM, Tafti AF, Kheirkhah S, Tavakkoli MA. Shear Bond Strength of Porcelain to a Base-Metal Compared to Zirconia Core. *J Dent Biomater*, 4, 367-372, 2017.
- Cesar PF, Miranda WG, Braga RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent*, 86, 89-96, 2001.
- Dejak B, Młotkowski A. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. *Dent Mater*, 31, 77-87, 2015.

- ISO 10477:1992(E). Dentistry—Polymer—based crown and bridge materials. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1992.
- Jun SK , Kim DA, Goo HJ, Lee HH. Investigation of the correlation between the different mechanical properties of resin composites. *Dent Mater J*, 32(1), 48–57, 2013.
- Junior SAR, Ferracane JL, Della Bona Á. Flexural strength and Weibull analysis of a microhybrid and a nanofill composite evaluated by 3–and 4–point bending tests. *Dent Mater*, 24(3), 426–431, 2008.
- Kim JT, Comparisons of flexural strength and cross–sectional surface area characteristics of three types of indirect composite resins. Korea University Master degree, 2017.
- Kim JT, Park JY, Kim WC, Kim JH. Evaluation of Flexural strength and surface porosity of three indirect composite resins. *J Korean Acad Dent Tech*, 39, 9–16, 2017.
- Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter MJ. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent*, 85, 386 – 395, 2001.
- Min BR, Chung IS . Shear Bond Strength and Failure Mode between Sinfony Indirect Composite Resin and Non Precious Metal. *J Korean Acad Dent Tech*, 30, 79–86, 2008.
- SM. Abrisham, A. Fallah Tafti, S. Kheirkhah, and MA. Tavakkolic. Shear Bond Strength of Porcelain to a Base–Metal Compared to Zirconia Core. *J Dent Biomater*, 4(1) 367 – 372, 2017.
- Setz J, Engel E. In vivo color stability of resin veneered telescopic dentures: a double blind pilot study. *J Prosthet Dent*, 77, 486–491, 1997.
- Reinhardt JW, Boyer D, Stephens N. Effects of secondary curing on indirect posterior composite resins. *Oper Dent*, 19, 217–217, 1994.
- Wendt SL. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength and marginal dimensional stability. *Quintessence Int*, 18, 265–271, 1987.