

5 급 와동의 복합레진 수복 시 발생하는 교두굴곡에 관한 연구

박준규¹ · 임범순² · 이인복^{1*}

¹치과보존학교실, 서울대학교 치의학대학원, ²치과생체재료과학교실, 서울대학교 치의학대학원

ABSTRACT

CUSPAL DEFLECTION IN CLASS V CAVITIES RESTORED WITH COMPOSITE RESINS

Jun-Gyu Park¹, Bum-Soon Lim², In-Bog Lee^{1*}

¹Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University

²Department of Dental Biomaterials Science, School of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of the polymerization shrinkage and modulus of elasticity of composites on the cuspal deflection of class V restoration in premolars. The sixteen extracted upper premolars were divided into 2 groups with similar size. The amounts of cuspal deflection were measured in Class V cavities restored with a flowable composite (Filtek flow) or a universal hybrid composite (Z-250). The bonded interfaces of the sectioned specimens were observed using a scanning electron microscopy (SEM). The polymerization shrinkage and modulus of elasticity of the composites were measured to find out the effect of physical properties of composite resins on the cuspal deflection. The results were as follows.

1. The amounts of cuspal deflection restored with Filtek flow or Z-250 were $2.18 \pm 0.92 \mu\text{m}$ and $2.95 \pm 1.13 \mu\text{m}$, respectively. Filtek flow showed less cuspal deflection but there was no statistically significant difference ($p > 0.05$).
2. The two specimens in each group showed gap at the inner portion of the cavity.
3. The polymerization shrinkages of Filtek flow and Z-250 were 4.41% and 2.23% respectively, and the flexural modulus of elasticity of cured Filtek flow (7.77 GPa) was much lower than that of Z-250 (17.43 GPa).
4. The cuspal deflection depends not only on the polymerization shrinkage but also on the modulus of elasticity of composites. [J Kor Acad Cons Dent 33(2):83-89, 2008]

Key words: Cuspal deflection, Composite resin, Polymerization shrinkage, Modulus of elasticity, Bonded interface

- Received 2008.1.24., revised 2008.2.15., accepted 2008.2.22.-

* Corresponding Author: In-Bog Lee

Department of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Seoul National University
275-1 Yeongeon-Dong, Jongno-Gu, Seoul, 110-768, Korea
Tel: 82-2-2072-3953 Fax: 82-2-2072-3859
E-mail: inboglee@snu.ac.kr

I . 서 론

전치부 및 구치부의 심미수복에 사용되는 복합레진은 중합 시 체적 수축률이 2 - 5%에 달하는 것으로 보고되고 있다¹⁻³⁾. 이와 함께 중합이 진행함에 따라 복합레진의 탄성계수 역시 증가하여 치아의 와동벽에 중합수축 응력을 유발하게 되며 결과적으로 상아질 접착의 탈락⁴⁾, 범랑질 파절, 미

세누출^{5,6)}, 세균의 침투, 2차 우식, 술 후 민감증^{7,8)} 및 치수 자극 등을 야기할 수 있는 요인이 된다.

접착제와 치질 사이의 결합력이 강한 경우 복합레진의 수축응력과 치질의 compliance에 의하여 교두의 굴곡현상이 나타날 수 있다⁹⁻¹⁶⁾. 이러한 교두굴곡의 측정은 수복 시 나타나는 중합수축응력을 간접적으로 추정할 수 있는 비교적 간단하고 신뢰할 수 있는 방법이다.

Pearson 등⁹⁾과 Meredith¹⁰⁾는 대구치의 MOD 와동에서의 교두굴곡을 LVDT (linear variable differential transformer)로 측정하여 각각 9 - 31 μm 와 14 μm 의 교두굴곡을 보고하였고, Segura와 Donly¹¹⁾은 photomicroscope를 이용하여 대구치 2 급 와동에서 발생하는 교두굴곡을 9 - 22 μm 로 측정하였으며, Rees¹²⁾ 역시 현미경을 이용하여 상악 소구치 MOD 와동의 교두굴곡을 11 - 12 μm 로 보고하였다. Abbas¹³⁾와 Fleming 등¹⁴⁾은 deflection measuring gauge로 상악 소구치 MOD 와동의 교두굴곡을 측정하여 각각 5 - 34 μm 와 11 - 20 μm 의 교두굴곡을 발표하였고, 최근 Lee 등¹⁵⁾은 상악 소구치의 와동 형태와 수복 방법의 변화에 따른 교두굴곡을 LVDT로 측정하여 12 - 26 μm 의 교두굴곡을 보고한 바 있다.

이러한 교두굴곡에 미치는 요인으로는 bulk cure와 incremental cure와 같은 수복 방법의 차이^{11,15-17)}, two step cure와 같은 광조사 방법의 차이^{18,19)}, 직접 수복과 간접 수복의 차이¹⁵⁾, base 사용 여부의 차이²⁰⁾등 여러 가지가 있지만 일차적으로 복합레진의 중합수축률과 탄성계수가 가장 중요하다.

현재까지 대부분의 연구에서는 교합면 와동에서의 복합레진 수복 시 나타나는 교두굴곡량에 대한 보고가 있었을 뿐 임상적으로 흔히 볼 수 있는 치경부 수복 시 나타나는 교두굴곡에 대한 보고는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 상악 소구치의 치경부 마모증의 복합레진 수복 시 나타나는 교두굴곡량을 측정하고 접착 계면을 관찰하였으며, 사용된 복합레진의 탄성계수와 중합수축률을 측정하여 교두굴곡량에 미치는 영향을 분석하였다.

II. 실험 재료 및 방법

실험에 사용된 치아는 교정 목적으로 발치된 상악소구치를 사용하였으며 발치된 소구치는 chrolamine-T 용액에 보관하였다. 발치된 치아 중 수복물이 있거나 치아우식, 파절, 균열 등의 결함이 있는 치아는 실험에서 제외하였다. 실험에 사용될 치아의 크기 차이를 최소화 하기 위해 근원심, 협설폭의 길이, 협측 교두정에서 백악-법랑 경계부까지의 높이를 측정하여 크기가 가장 유사한 치아 16 개를 선별하여 8 개씩 두 group으로 분류하였고 각 group의 치아의 평균 크기는 Table 1과 같다.

각각의 치아를 내경 15 mm, 외경 25 mm, 높이 20 mm 의 아크릴 몰드에 경석고로 백악-법랑 경계부 하방 2 mm 부근까지 치아를 매몰하였다. 그리고 치아의 건조를 막기 위하여 100% 습도 내에 치아가 매몰된 몰드를 보관하였다.

1. 시편준비

매몰된 치아의 협측면에 썬기 모양의 치경부 마모증을 재현하기 위하여 고속터빈과 다이아몬드 bur를 이용하여 치경부에 깊이 2 mm, 상하 폭 3 mm의 V-shape 와동을 형성하였으며 이 때 와동의 하단은 백악-법랑 경계부 1 mm 상방에 위치하게 하였다. 그 뒤 와동 내를 37% 인산 etchant (Scotchbond, 3M ESPE Co., St. Paul, MN, U.S.A)로 15 초 산 부식 한 후 물로 세척, 건조시킨 다음 접착제 (Single Bond, 3M ESPE Co., St. Paul, MN, U.S.A)를 제조회사의 지시에 따라 도포, 건조시킨 후 10 초 동안 광중합 하였으며 사용된 광중합기 (Elipar Freelight 2, 3M ESPE Co., St. Paul, MN, U.S.A)의 광강도는 550 mW/cm² 이었다.

2. 교두굴곡의 측정

세 개의 micrometer (Mitutoyo, Kawasaki, Japan)가 장착된 XYZ table (Micro motion technology, Bucheon,

Table 1. Mean tooth size used in this study

	CT-CEJ	BL	MD
Group 1	8.81 (0.32)	9.79 (0.40)	7.70 (0.48)
Group 2	8.83 (0.32)	9.76 (0.29)	7.82 (0.22)

(CT-CEJ: distance between buccal cusp tip and cemento-enamel junction, BL: maximum bucco-lingual width, MD: maximum mesio-distal width)

Korea)과 LVDT probe (AX-1, Solartron Metrology, West Sussex, U.K)를 이용하여 교두굴곡 측정장치를 제작하였다. 사용된 LVDT probe는 ± 1 mm 범위에서 $0.1 \mu\text{m}$ 의 해상도로 길이 변화 측정이 가능하다. LVDT probe의 calibration은 XYZ table에 부착된 micrometer를 이용하여 출력 전압이 10 V/mm ($10 \text{ mV}/\mu\text{m}$)가 되도록 조절하였다. 교두굴곡의 변화는 LVDT에 의해 감지되며 이로부터의 출력 신호는 신호 처리 회로와 저역 통과 필터를 거쳐 잡음이 제거된 후 National instrument사 (Mopac Expwy, Austin, TX, U.S.A)의 12 bit - Data Acquisition Board인 AI-16E-4를 통하여 디지털 신호로 변환된 후 데이터 획득 및 분석 소프트웨어인 Labview 7.1 (National instrument, Mopac Expwy, Austin, TX, U.S.A)을 이용하여 파일로 저장되었다.

접착 처리된 치아 시편을 금속 바이스에 고정된 후 LVDT probe tip을 협측 교두정에 위치시켰다 (Figure 1).

LVDT probe tip이 측정 중에 미끄러지지 않게 하기 위하여 협측 교두 최정점에 미세한 indentation을 주어 그 부위에 probe tip이 위치하게 하였다. 그 후 와동 내를 복합레진을 이용하여 원래의 치경부 형태와 유사하게 충전하였다. 이 때 group 1은 flowable composite인 Filtek flow (3M ESPE, Co., St. Paul, MN, U.S.A)로, group 2는 전구치 수복용 hybrid composite인 Z-250 (3M ESPE, Co., St. Paul, MN, U.S.A)으로 충전하였다. 와동에 복합레진을 충전 후 데이터 기록을 시작하였으며 데이터 기록 시작 시점에서 20 초 후에 광조사기 (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Co., St. Paul, MN, U.S.A)로 광조사를 시작하여 40 초 동안 광조사 하였으며 총 1200 초 동안 실시간으로 협측 교두의 굴곡량 변화를 2 data points/s 로 기록하였다. 모든 측정은 실온 ($25 \pm 0.5^\circ\text{C}$)에서 이루어졌으며 결

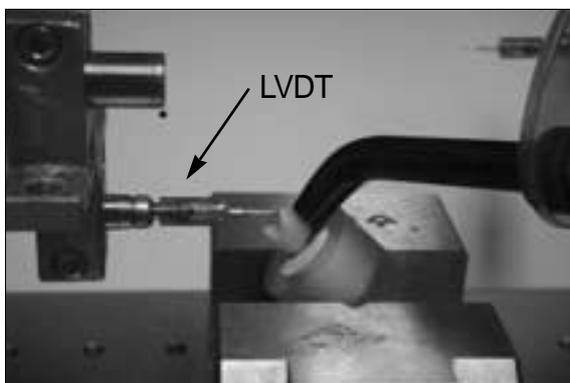


Figure 1. Specimen mounted on the cuspal deflection measuring instrument.

과분석은 $p < 0.05$ 유의성 수준에서 Student t-test를 이용하여 비교하였다.

3. 수복단면의 관찰

복합레진과 5 급 와동의 경계면에서 결합면을 관찰하기 위해 교두굴곡 측정을 마친 시편을 건조되지 않게 100% 습도 용기 안에 보관 후 절단기 (Isomet low speed saw, Buehler, U.S.A)를 이용하여 치아의 협설 방향으로 가운데 부위에서 0.5 mm 두께로 다이아몬드 디스크를 이용하여 열이 나지 않도록 주수 하에 저속으로 절단하였다. 절단된 시편을 인산을 이용하여 15 초간 산 부식 하여 smear layer를 제거한 후 hydrophilic vinyl polysiloxane 인상재 (Examixfine, GC, Japan)를 이용하여 절단 시편의 인상을 채득하였고 인상재에 다시 epoxy resin을 부어 replica를 제작하였다. 이 replica를 gold coating 하여 주사전자현미경 (S-4760, Hitachi, Japan)으로 레진-치아 접착 경계면의 결합이 잘되었는지 여부를 관찰하였다.

4. 복합레진의 굴곡탄성계수와 중합 수축률의 측정

ISO 4049 규정에 따라 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 크기의 스테인리스강 몰드에 복합레진을 충전한 후 양면을 각각 3 부분으로 나누어 각 부위마다 30 초간 광조사 하여 bar-type의 굴곡강도 시편을 제작한 다음 37°C 증류수에 24 시간 보관하였다. 그 후 시편의 폭 (W)과 두께 (D)를 측정하고 ISO 4049에 따라 3 점 굽힘 시험법 (3 point flexural test)으로 굴곡강도와 굴곡탄성계수를 측정하였다. 측정 시 만능 측정장치 (4465, Instron, U.S.A)에 시편을 장착하고 $0.5 \text{ mm}/\text{min}$ 의 하강속도로 시편이 파괴될 때까지 힘을 가하여 (지지대간 거리 = 20 mm) 굴곡강도 값을 계산하였다. 그리고 굴곡강도를 시험할 때 측정된 stress-strain 곡선의 기울기로 굴곡탄성계수 (flexural modulus) 값을 계산하였다.

중합수축률은 이미 발표된 Lee^{2,3)}의 중합수축 측정기를 이용하여 동일한 실험 방법으로 측정하였다.

III. 실험결과

1. 교두굴곡량

Filtek flow로 수복한 group 1의 평균 교두굴곡량은 $2.18 \pm 0.92 \mu\text{m}$ 이었으며 Z-250을 이용하여 수복한 group 2의 평균 교두굴곡량은 $2.95 \pm 1.13 \mu\text{m}$ 으로 나타났다 (Figure 2). Group 2의 평균 교두굴곡량이 더 큰 것

으로 측정되었으나 통계적 유의성은 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

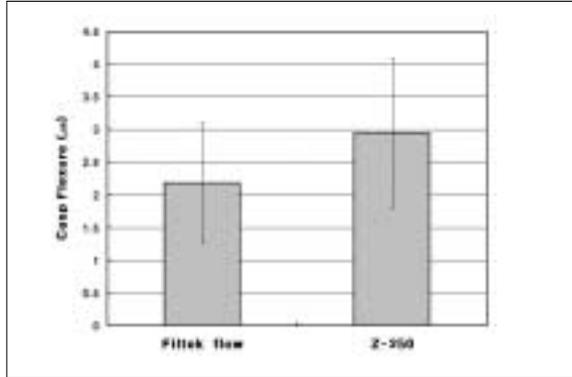


Figure 2. Mean cuspal deflection of class V composite restorations in premolars.

2. 수복단면의 관찰

시편 절단면의 주사전자현미경 관찰 결과 전체적으로 접착이 잘 이루어진 것을 관찰할 수 있었으나 각 group의 2개 시편에서 와동의 가장 깊은 부위의 복합레진과 치아 간 결합이 일부분 탈락되어 gap이 형성된 것이 관찰되었다 (Figure 3).

3. 복합레진의 굴곡강도와 굴곡탄성계수 및 중합수축률

Filtek flow와 Z-250의 굴곡강도와 탄성계수, 중합수축률은 다음과 같다 (Table 2).

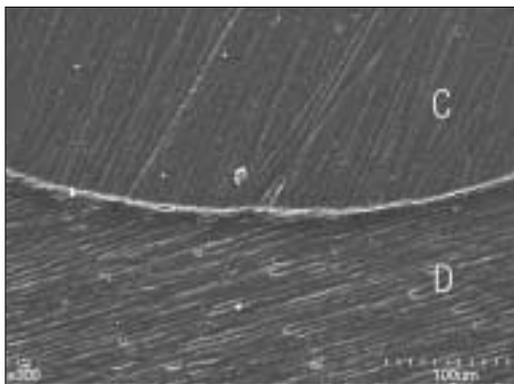


Figure 3-a. SEM image of Z-250 specimen with a good bonding interface.

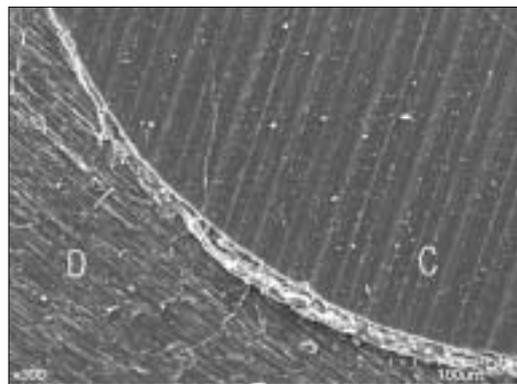


Figure 3-b. SEM image of Z-250 specimen with a gap in the bonding interface.

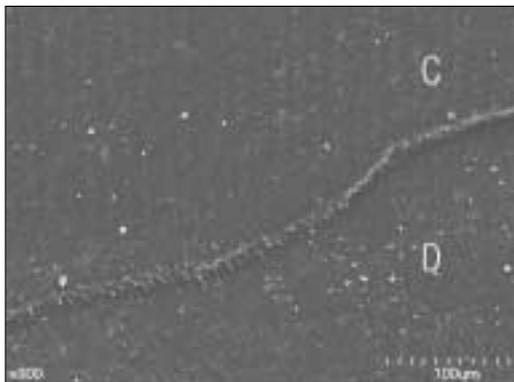


Figure 3-c. SEM image of Filtek flow specimen with a good bonding interface.

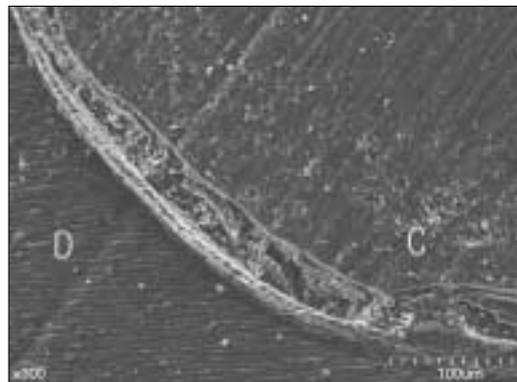


Figure 3-d. SEM image of Filtek flow specimen with a gap in the bonding interface.

(C: composite, D: dentin)

Table 2. Mean flexural strength, modulus of elasticity and polymerization shrinkage of composites

	Flexural strength (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)	Polymerization shrinkage (%)
Filtek flow	103.11 (17.17)	7.77 (0.87)	4.41 (0.10)
Z-250	136.56 (17.61)	17.43 (0.10)	2.23 (0.14)

IV. 총괄 및 고찰

본 연구 결과 5 급 와동 수복 시 2 - 3 μm 정도의 교두굴곡이 발생됨을 알 수 있었다. 기존의 연구들에서는 주로 구치부의 MOD 와동과 같이 넓은 와동에서 교두굴곡량을 측정하였는데 그 크기가 5 - 25 μm 로 보고하고 있으며⁹⁻¹¹⁾ 본 연구의 결과 5 급 와동에서의 교두굴곡량은 MOD 와동과 비교하여 매우 작음을 알 수 있었다. 이는 5 급 와동이 MOD 와동에 비해 낮은 compliance를 보이는 와동임을 의미한다.

Filtek flow의 교두굴곡이 Z-250과 비교해 통계적으로 유의성은 없으나 평균값은 더 낮았다. 통상 flowable 레진은 filler 함량이 hybrid 레진 보다 적어 중합수축이 더 큰 것으로 알려져 있으며^{2,3)} 본 연구에서도 유사한 결과를 보였다. 중합수축이 큰 Filtek flow 레진에서 더 큰 교두굴곡을 보일 것으로 예측 되었으나, 본 연구의 결과 통계적으로는 유의성이 없지만 오히려 더 낮은 교두굴곡을 나타냈다. 중합수축 응력의 발현에는 중합수축뿐만 아니라 복합레진의 탄성계수가 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서 측정된 Filtek flow의 탄성계수값은 Z-250에 비해 절반 정도로 낮은 것으로 나타났으며 이는 유동성 레진의 경우 중합수축률은 크나 탄성계수가 낮아 결과적으로 수축응력은 작아질 수 있다. 중합수축을 보상할 수 있는 흐름성²¹⁾과 더불어 유동성 레진의 낮은 탄성계수는 결과적으로 낮은 중합수축응력을 유발하여 교두굴곡이 감소한 것으로 보여진다.

실제 교두굴곡에 영향을 미치는 수축응력과 관련된 탄성계수는 인장 탄성계수이나, 정확한 측정값을 얻기 어려워 본 연구에서는 굴곡탄성계수를 측정하였다. 그러나 일반적으로 굴곡탄성계수와 인장탄성계수는 비례하므로 본 연구의 결과를 해석하는데 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

5 급 와동 수복 시 혹 나타날 수 있는 접착제의 탈락이 교두굴곡에 미치는 영향을 보고자 수복물과 와동 변연을 SEM 으로 관찰한 결과 Filtek flow와 Z-250에서 큰 차이는 보이지 않았다. 유동성 복합레진의 경우 흐름성이 좋아 변연적합성이 hybrid 레진 보다 우수할 것으로 예상할 수 있으나 실제 절단면 관찰 결과 두 재료의 변연적합성은 유사하였다. 각 group에서 2 개의 시편에서 와동의 최내측 부위에 gap이 관찰되었는데 이는 레진 중합 시 나타나는 중합

수축 응력에 의한 접착의 탈락 외에도 복합레진 충전 과정에서 와동의 내면에 긴밀한 적합이 부족했을 가능성도 배제할 수 없다. 그러나 접착 탈락의 위치가 교두를 휘게 하는데 가장 효과적으로 작용하는 와동 변연부의 접착면에서는 탈락이 없기 때문에 교두굴곡량에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 실시간으로 기록된 교두굴곡량 변화 그래프상에서 gap이 관찰된 시편의 경우 다른 시편과 동일한 양상의 교두굴곡 변화를 보이는 것으로 알 수 있었다. 일부 시편에서 나타난 접착 탈락은 레진 수복 후 환자들에게서 나타나는 술 후 민감증에 직, 간접적으로 관련되어 임상적으로는 중요한 의미를 지니게 된다. 접착 탈락에 의해 형성된 gap에 고여 있는 상아 세관액이 교합압 또는 탐침의 접촉과 같은 외력을 받거나 큰 온도 변화가 발생한 경우 상아 세관액의 이동이 일어날 수 있으며 이 때 치아 내 신경섬유의 자극으로 인해 환자가 불편감 내지 통증을 유발할 수 있다^{22,23)}. 깊은 5 급 와동의 경우 이러한 접착 탈락 부위는 술 후 민감증 외에 항 후 미세누출 및 세균 감염에 의한 치수 감염까지 야기될 수 있으며 근관 치료가 요구되는 경우가 발생하기도 한다.

이번 실험에서 교두굴곡량 측정에서 비교적 표준편차가 크게 나타난 것은 자연 치아를 시편으로 사용하였기 때문이다. 실험에 사용된 소구치는 디지털 마이크로미터로 측정하여 크기가 유사한 치아를 선별하였으나 치아의 외형적 크기 외에 교두의 두께, 교두의 각도, 치아의 수화 정도, 치아의 생화학적 조성의 차이 등이 교두굴곡량에 복합적으로 영향을 주기 때문에 시편간의 차이가 나타나게 된 것으로 보인다. Ree 등¹²⁾은 상악 소구치를 이용한 교두굴곡 실험에서 실험 결과의 표준편차가 평균값의 40 - 50%로 매우 큼을 보고하였는데 그 이유를 실험 치아의 와동의 부피 차이와 해부학적 형태와 같은 생물학적 차이로 설명하였다.

본 연구를 통하여 5 급 와동 수복 시 나타나는 교두굴곡을 실제 측정할 수 있었으며 일부 접착 탈락이 발생할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

한편 본 연구에서는 flowable composite와 universal hybrid composite를 bulk filling 하였으나 실제 임상에서는 incremental filling 방법으로 충전을 하게 되므로 실제 교두굴곡은 보다 더 낮아질 것으로 예측되고 gap 또한 줄어들 것으로 사료된다.

앞으로 incremental 충전의 효과나 glass ionomer를 이

장한 후 복합레진을 충전하였을 때의 교두굴곡과 gap 형성에 대한 연구도 이루어져야 하겠다.

V. 결 론

상악 소구치를 이용한 5 급 와동의 교두굴곡 측정 결과 Filtek flow로 충전 시 평균 교두굴곡량은 $2.18 \pm 0.92 \mu\text{m}$ 이었으며 Z-250을 이용하여 충전한 경우 평균 교두굴곡량은 $2.95 \pm 1.13 \mu\text{m}$ 으로 나타났다. 수복 단면을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 일부 시편에서는 와동 내면에서 접착이 탈락되었다. 교두굴곡에 영향을 미치는 요소로는 복합레진의 중합수축률과 더불어 수축 응력의 발현에 영향을 주는 탄성계수가 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Watts DC, Cash AJ. Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods development. *Dent Mater* 7(4):281-287, 1991.
2. Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM. A new method to measure the polymerization shrinkage kinetics of light cured composites. *J Oral Rehabil* 32(4):304-314, 2005.
3. Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM, Lim BS. The effect of consistency, specimen geometry and adhesion on the axial polymerization shrinkage measurement of light cured composites. *Dent Mater* 22(11):1071-1079, 2006.
4. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer AJ. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63(12):1396-1399, 1984.
5. Neiva IF, de Andrada MA, Baratieri LN, Monteiro S, Ritter AV Jr. An *in vitro* study of the effect of restorative technique on marginal leakage in posterior composites. *Oper Dent* 23(6):282-289, 1998.
6. Holan G, Levin M, Bimstein E, Grajower R, Eidelman E. Clinical, radiographic, SEM evaluation and assessment of microleakage of class II composite restorations. *Am J Dent* 2(5):274-278, 1989.
7. Eick JD, Welch FH. Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on post-operative sensitivity. *Quintessence Int* 17(2):103-111, 1986.
8. Opdam NJ, Roeters FJ, Feilzer AJ, Verdonchot EH. Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations *in vivo*. *J Dent* 26(7):555-562, 1998.
9. Pearson GJ, Hegarty SM. Cusp movement of molar teeth with composite filling materials in conventional and modified MOD cavities. *Br Dent J* 166(5):162-165, 1989.
10. Meredith N, Setchell DJ. *In vitro* measurement of cuspal strain and displacement in composite restored teeth. *J Dent* 25(3-4):331-337, 1997.
11. Segura A, Donly KJ. *In vitro* posterior composite polymerization recovery following hygroscopic expansion. *J Oral Rehabil* 20(5):495-499, 1993.
12. Rees JS, Jagger DC, Williams DR, Brown G, Duguid W. A reappraisal of the incremental packing technique for light cured composite resins. *J Oral Rehabil* 31(1):81-84, 2004.
13. Abbas G, Fleming GJ, Harrington E, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent* 31(6):437-444, 2003.
14. Fleming GJ, Hall DP, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with posterior filling materials of varying reported volumetric shrinkage values. *J Dent* 33(2):139-146, 2005.
15. Lee MR, Cho BH, Son HH, Um CM, Lee IB. Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. *Dent Mater* 23(3):288-295, 2007.
16. McCulloch AJ, Smith BG. *In vitro* studies of cuspal movement produced by adhesive restorative materials. *Br Dent J* 161(11):405-409, 1986.
17. Versluis A, Douglas WH, Cross M, Sakaguchi RL. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 75(3):871-878, 1996.
18. 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(5):322-326, 1995.
19. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res* 99(5):440-444, 1991.
20. Alomari QD, Reinhardt JW, Boyer DB. Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Oper Dent* 26(4):406-411, 2001.
21. Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 63(2):146-148, 1984.
22. Brännström M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 9(2):57-68, 1984.
23. Brännström M, Johnson G, Linden LA. Fluid flow and pain response in the dentin produced by hydrostatic pressure. *Odontol Rev* 20(1):15-30, 1969.

국문초록

5 급 와동의 복합레진 수복 시 나타나는 교두굴곡에 관한 연구

박준규¹ · 임범순² · 이인복^{1*}¹치과보존학교실, 서울대학교 치의학대학원,²치과생체재료학교실, 서울대학교 치의학대학원

본 연구의 목적은 복합레진의 중합수축과 탄성계수가 5 급 와동 수복시 교두굴곡에 미치는 영향을 평가하기 위함이다. 16 개의 발치된 상악 소구치를 평균 크기가 비슷하게 2 개의 group으로 분류하였다. 각각의 치아에 5 급 와동을 형성하여 유동성 복합레진 (Filtek flow)과 진구치 수복용 hybrid 복합레진 (Z-250)으로 각 group을 충전하였을 때 나타나는 교두굴곡을 측정하였으며 그 후 수복단면을 주사전자현미경 (SEM)으로 관찰하였다. 각 복합레진의 중합수축률과 탄성계수를 측정하여 교두굴곡에 미치는 영향을 고찰하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Filtek flow와 Z-250으로 충전한 group에서 교두굴곡량은 각각 $2.18 \pm 0.92 \mu\text{m}$ 와 $2.95 \pm 1.13 \mu\text{m}$ 으로 나타나 Filtek flow의 평균 교두굴곡량이 더 작은 것으로 측정되었으나 통계적 유의성은 보이지 않았다 ($p > 0.05$).
2. 수복단면의 SEM 관찰 결과 두 group의 시편 중 각각 2개의 시편에서 와동 내면에 접착이 탈락된 미세간격이 관찰되었다.
3. Filtek flow의 탄성계수값은 7.77 GPa로 Z-250의 17.43 GPa에 비해 절반 이상 낮았으며 중합수축률은 4.41%로 Z-250의 2.23%에 비해 더 큰 것으로 나타났다.
4. 교두굴곡에는 복합레진의 중합수축률 뿐만 아니라 수축응력의 발현에 영향을 주는 탄성계수가 복합적으로 작용함을 알 수 있었다.

주요어: 교두굴곡, 복합레진, 중합수축률, 탄성계수, 접착계면