

복합레진의 중합수축력에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

김부랑 · 최호영 · 민병순 · 박상진 · 최기운

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌

I. 서 론

보존수복에서 가장 중요한 요구조건중 하나는 치질과 강력한 결합을 유지하는 것이다. 심미적 보존수복재로서의 복합레진도 치질과 효과적인 결합이 가능하다면 건강치질을 삭제하지 않으면서 세균의 침입 방지와 착색 및 변색과 우식 예방을 가능케하여 수복물의 수명을 연장시킬 수 있다.

Buonocore¹⁾가 법랑질을 산처리하여 복합레진의 변연 적합성을 향상시켰으나, 상아질의 경우에는 유기질 및 무기질 삭제 잔사물로 혼합된 층, 소위 smear layer가 존재하여 효과적인 접착을 기대할 수 없으며, 비록 smear layer를 제거시킨다 하더라도 상아세관이 노출되어 상아질의 투과성 증가로 치수의 병변이 야기될 수 있음을 Pashley의 2인²⁾은 경고하였으며, Stanley 외 2인³⁾과 Gwinnett⁴⁾등도 와동형성후 잔존상아질이 1.0mm이하일 경우, 상

아질을 산처리하면 치수 병변과 함께 상아질의 형태, 즉 상아세관의 확대정도에 따라 치수반응의 차이를 보고하여 smear layer 제거 및 제거 방법에 따른 치수반응성의 차이가 나타나 상아질의 산처리는 보다 신중을 기하여야 한다.

한편, Bowen⁵⁾이 계면 활성 공중합체인 NPG-GMA(N-phenyl glycine glycidyl methacrylate)를 치경부 수복에 처음 적용시킨 이래, 상아질과의 결합능력이 효과적인 상아질 결합제 Bis-GMA(Bisphenol A-glycidyl methacrylate)의 halo-phosphorus ester 혹은 phosphorus ester 또는 이들 유도체가 등장하고 있다. 이외에도 polyurethane 계통의 상아질 결합제도 상아질의 hydroxyapatite 내에 수산기(hydroxyl group)와 결합시킬 목적으로 개발된 것이다.

이들 상아질 결합제는 1~2개 이상의 성분으로 구성되며 alcohol 또는 acetone등의 유기용매에 용해되어 있어(예 : acryl sulfinate 등) 상아질 표면에 적용하여 유기용매가 휘발되면, 상아질 결합제만 표면에 잔존되어 차후 복합레진과 보다 강한 결합을 기대할 수 있다.

그러나, Rupp외 2인⁶⁾은 치경부 와동을 어떠한 상아질 결합제를 사용하여 복합레진으로 수복하더라도 변연봉쇄성이 불완전하다고 주장하였다.

한편, Masuhara⁷⁾, Bowrn외 2인⁸⁾ 및

Asmussen과 Munksgaard⁹⁾등도 상아질층을 산부식후 복합레진으로 충전하였으나 법랑질에 비하여 낮은 결합강도를 나타냈다고 보고한 바 있다. 또 Fusayama^{10,11)}도 상아질의경우 산처리후 복합레진을 수복한 결과, 법랑질과 비교하여 15~66% 정도 낮은 인장 결합강도를 나타내어 상아질의 산처리 효과가 없음을 보고하였다. 그후 상아질 표면을 mordant 제재인 ferric oxalate를 도포한후 NPG-GMA와 PMDM(pyromellitic dianhydride와 2-hydroxy ethyl methacrylate의 부가 반응 생성물)을 함께 사용하여 복합레진 수복후 법랑질에서와 동일한 정도의 결합강도를 측정하였다. 이는 FeCl₂, cyanoacrylate, maleic acid 및 HEMA 등을 병용하여 상아질의 collagen과의 결합을 유도하였기 때문에 높은 결합강도가 가능함을 보고 한바 있다¹²⁻¹⁶⁾. 그러나 Bowen의 2인¹⁶⁾, Davidson의 2인¹⁷⁾등은 치과용 복합레진을 수복후 레진 경화에 따른 수축응력 발생으로 상아질과 복합레진간의 결합강도 저하와 응집파괴가 나타날수 있음을 경고하여 복합레진수복후 접착불량이 문제점임을 알 수 있으며, Feilzer의 2인¹⁸⁾은 복합레진 수복후 경화 수축은 단일축방향(uniaxillary)으로 진행되며 그 수축량은 선수축에 비하여 3배 정도임을 보고한 바 있다.

더욱이 Feilzer의 2인¹⁹⁾은 복합레진 수복후 인장수축응력은 그 재료의 접착 또는 응집강도를 훨씬능가함을 보고하여 임상적으로는 복합레진 수복시 상아질과의 효과적인 접착을 기대하기 위하여 상아질 전처리제(dentin bonding agent)의 초기 접착강도에 의하여 중합수축을 어느 정도 대항할 수 있어야 한다.

수축응력의 발생은 온도변화, 즉 수복물 표면 온도가 하강하게 될때 나타날 수있으며 변연 누출의 원인이 되기도 한다. 이는 수복물과 치질간의 열팽창계수 차이에서 비롯되며 온도 하강시 복합레진층이 치질에 비하여 훨씬 더 수축하게 된다. 따라서 실제 임상에서 이와 같은 수축에 대항하기 위해서 우선 법랑질 부위에서는 산부식법을 이용하거나, 상아질 부위에서는 상아질 전처리제를 사용하여 변연누출을 최

소화할 수 있다. 또 Asmussen²⁰⁾은 복합레진 자체의 흡수성과 점탄성 성질(elastic recovery)로 인하여 복합레진의 수축으로 인한 변연 누출을 회복시킬 수 있다고 보고한 바 있다.

Hansen과 Asmussen²¹⁾도 상아질에 형성된 와동을 상아질 전처리제(상아질 접착제)로 처리한 후 복합레진 수복에 따른 중합수축으로 인한 변연누출 발생은 가수 팽창(hygroscopic expansion)으로 저항할 수 있으며, 특히 상아질 전처리제의 사용이 필요 하다고 주장했다.

그러나, Lutz의 2인²²⁾은 복합레진의 변연 봉쇄성은 중합 수축에 좌우되며 수복방법과 중합 유도 방법을 달리할 경우 어느 정도 중합수축을 최소로 할수 있다고 보고하였다. 따라서, 복합레진이 상아질 및 법랑질과의 결합강도가 증가했다라도 복합레진의 중합 수축력이 치질과의 응집력(cohesive force)을 훨씬 능가한다면, 복합레진 수복후 변연누출을 감소시킬 수 있는 또다른 방법이 연구되어야 한다.

Bausch²³⁾등은 복합레진 수복후 2.0~3.2%의 중합수축이 발생되며 Davidson의 2인¹⁷⁾은 중합수축응력은 300kg/cm² 이상으로 보고하여 임상에서 이와같은 복합레진의 수축응력에 대항하여 와동변연부의 형태를 변화시키거나²⁴⁾ 수복후 변연부 연마방법을¹⁷⁾이용하고 있으나 아직까지 변연부 누출을 완전해결시킬 방법은 없는 실정이다. 이에 저자는 복합레진의 중합 방법 및 두께에 따른 중합수축력과 화학 중합형 복합레진의 경우, 촉매와 기재의 혼합비율에 따른 중합수축력을 측정, 비교 분석하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 복합레진은 전치수복용으로써 화학 중합형 복합레진인 Clearfil F II (CF, Kuraray, Japan)와 광중합형 복합레진인 Photo-Clearfil Bright(PC, Kuraray, Japan)을 택하였다(Table 1).

Table 1. Restorative Composite Resins used in this study

Composite resin	Code	Curing type	Lot. No.	Manufacturer
Clearfil F II	CF	Chemical	53257	Kuraray, Japan
Photo-Clearfil Bright	PC	Photo	11180	Kuraray, Japan

2. 실험방법

복합레진 중합시 발생하는 중합수축력은 Fig.1에서 보는 바와 같이 Davidson의 2인²⁴⁾의 중합수축력 측정장치를 개조한 것으로 우측 아크릴봉의 직경은 1.0cm이며 마주보는 아크릴봉의 상하면 사이에 시료(복합레진)를 충전시킬 수 있도록 상하 아크릴봉에 #2 round bur로 Hole을 형성하여 undercut이 되도록 상기의 복합레진을 충전하여 상하 아크릴봉 사이에 완전 부착되도록 하였다. 이때, 상하 아크릴봉 사이의 거리를 실험 방법에 따라 각각 0.

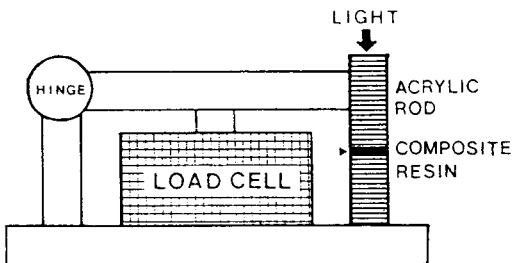


Fig. 1. A equipment diagram for polymerization contraction stress measurement. Polymerization contraction stress of curing composite resins located between the upper and lower acrylic rods was transferred and measured by the load cell which output the changed DC voltages to pen recorder through a amplifier. The purpose of the using transparent acrylic rods was to permit the passage of the light through acrylic rod to the light curing composite resin. Because the bonding ability between acrylic rods and composite resins were doubtful, total 21 holes on the cut surface of acrylic rods were formed by #2 round bur.

65mm, 1.30mm 및 1.95mm로 조정할 수 있도록 하였으며, 복합레진의 중합방법 및 복합레진의 두께 그리고 화학 중합형의 경우 촉매와 기재의 혼합 비율에 따라 중합 수축력 측정은 다음과 같이 분류하여 실시하였다.

1) 중합 방법에 따른 중합수축력의 비교

화학 중합형의 경우, 촉매와 기재의 혼합 비율은 1:1로 거리 0.65 mm로 하여 아크릴봉 사이에 넣어 경화되도록 하여 24시간 경과까지의 중합 수축력을 측정하였으며, 광중합 복합레진의 경우도 역시 0.65 mm 거리를 두어 상하 아크릴봉 사이에 복합레진을 넣어 60초간 광조사 하여 중합이 이루어지도록 하여 역시 1시간 후의 중합수축력을 측정 비교 하였다. 또 중합 개시후 화학중합형(CF)과 광중합형 복합레진(PC)의 1시간 후 중합수축력을 비교하였다.

2) 복합레진 두께에 따른 중합수축력의 비교

화학중합형의 경우 복합레진 시료 두께를 각각 0.65 mm, 1.30mm 및 1.95 mm로 하여 중합수축력을 측정 비교 하였으며 광중합형의 경우, 각각 0.65 mm와 1.30 mm의 경우에만 수축력을 측정 비교하였다.

특히, 광중합형의 경우에서 두께 1.95 mm의 시료를 제외시킨 것은 광의 균일한 투과가 불가능하여 실험 대상에서 제외시켰다.

다음 수축력 측정시작 1시간후 두가지 형태의 복합레진에서 두께에 따른 중합수축력도 함께 측정하였다.

3) 촉매와 기재의 혼합 비율에 따른 중합 수축력의 비교

화학 중합형 복합레진의 경우 촉매와 기재의 무게비를 각각 0.5, 1.0 및 1.5로 하여 혼합한 후, 상기의 방법과 동일하게 상하 아크릴봉 사

이에 위치시켜 시간 경과에 따른 중합 수축 곡선을 기록, 비교하였다. 다음 중합수축곡선 측정시작 1시간후 혼합비율에 따른 중합수축력을 측정하였다.

이상의 실험을 실험실 온도 $23 \pm 3^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 10\%$ 에서 실시하였으며 각각의 시료수는 8개씩 총 80개를 사용하였다. 중합 수축력의 측정은 load cell에서 감지된 후, 증폭기를 통하여 0~10 voltages의 전압으로 출력되도록 하였고, pen-recorder(Toa, Japan)에서 기록지의 속도 60 mm/hr로 중합수축력을 측정 기록 하였다.

III. 실험성적

1) 중합방식에 따른 복합레진의 중합수축력의 비교

Fig. 2 에서 나타나는 것은 화학중합형 복합레진(CF)과 광중합형 복합레진(PC)에서 측정된 시간에 따른 중합수축력에 대한 곡선이며, Fig. 3은 화학중합형 복합레진(CF)과 광중합형 복합레진(PC)에서 1시간 경과 후 기록된 중합 수축력을 비교한 막대그림표이다. 화학중합형(CF)의 경우, 광중합형(PC)에 비하여 낮은 중합수축력을 나타내었고, 1시간 경과 후 화학중합형(CF)은 2.34 kgf 인데 비하여 광중합형(PC)의 경우 2.60 kgf의 중합 수축력을 나타내었다.

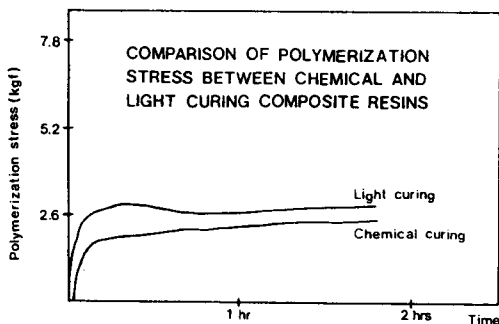


Fig. 2. Comparison of two polymerization contraction stress curves showed in a chemical curing composite resin and a light curing composite resin.

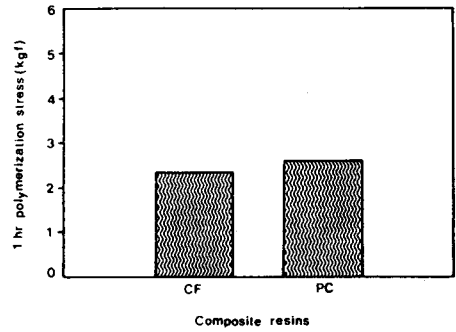


Fig. 3. Comparison of two polymerization contraction stress showed by a chemical curing composite resin and a light curing composite resin at 1 hour after the start of measurement.

2) 복합레진 시료 두께에 따른 중합 수축력의 비교

Fig. 4는 화학중합형 복합레진(CF)의 경우, 두께 차이에 따른 시간-중합수축력 곡선을 나타낸 것이고, Fig.5는 화학중합형 복합레진(CF)의 경우, 1시간 경과시 나타난 두께 차이에 따른 시간-중합 수축력을 나타낸 막대 그림이다.

Fig. 6은 광중합형 복합레진(PC)의 경우, 두께 차이에 따른 시간-중합수축력 곡선을 나타낸 것이고, Fig. 7은 1시간 경과후 광중합형 복합레진(PC)에서 두께 차이에 따른 중합 수축력을 나타낸 막대그림이다.

상기 그림에서 나타난 바와 같이 측정시간 1

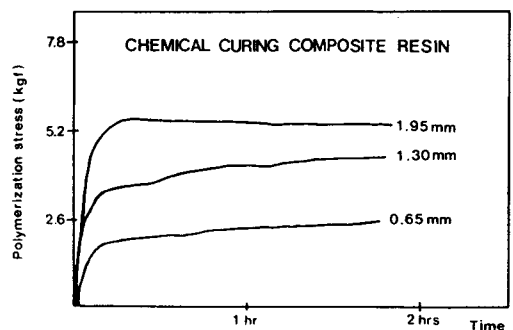


Fig. 4. Comparison of three polymerization contraction stress curves showed in a chemical curing composite resin with three kinds of specimen thickness.

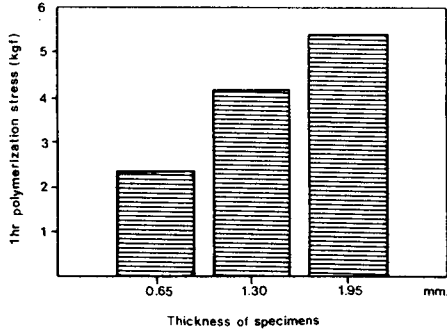


Fig. 5. Comparison of three polymerization contraction stress showed in a chemical curing composite resin with three kinds of specimen thickness at 1 hour after the start of measurement.

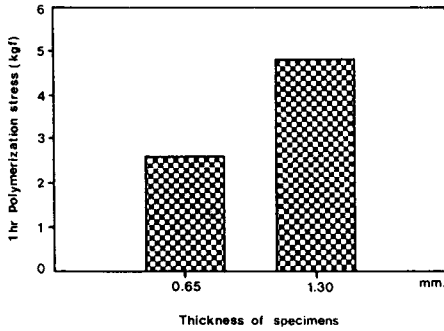


Fig. 6. Comparison of two polymerization contraction stress curves shows in a light curing composite resin with two kinds of specimen thickness.

시간후 화학중합형 복합레진(CF)의 경우 시료 두께가 0.6mm, 1.30mm 및 1.95mm일 경우, 중합수축력이 각각 2.34kgf, 4.16kgf 및 5.40 kgf의 순으로 증가하였으며, 광중합형 복합레진(PC)의 경우 측정시작 1시간 후 시료의 두께 0.65mm에서 2.60kgf를 나타낸 반면, 시료 두께 1.30mm에서는 4.81kgf로 증가한 것으로 나타났다.

3) 촉매의 기재의 혼합 비율에 따른 중합수축력의 비교

Fig. 8에서 나타난 바와 같이 화학중합형 복합레진(CF)에서 촉매/기재 혼합비율이 0.5, 1.0 및 1.5로 증가시 2시간까지의 중합수축력 곡선을 기록한 것이며, Fig. 9에선 화학중합

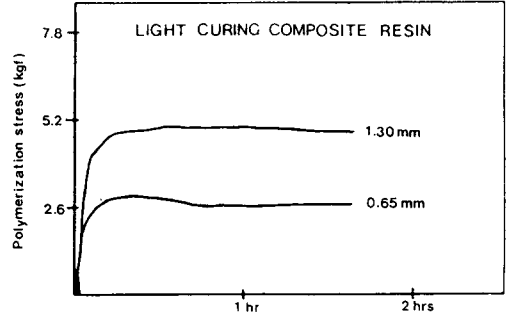


Fig. 7. Comparison of two polymerization contraction stress showed in a light curing composite resin with two kinds of specimen thickness at 1 hour after the start of measurement.

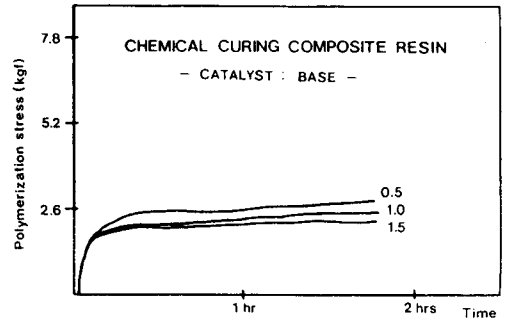


Fig. 8. Comparison of three polymerization contraction stress curves showed in a chemical curing composite resin with three different kinds of mixing ratio of catalyst paste vs base paste.

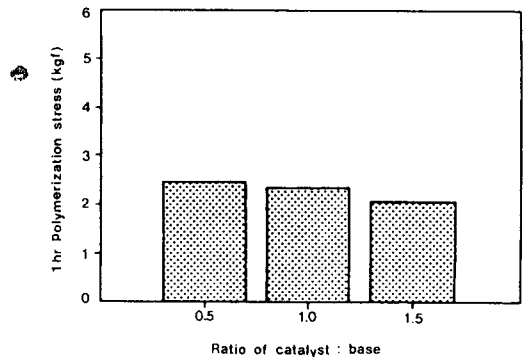


Fig. 9. Comparison of three polymerization contraction stress showed in a chemical curing composite resin with three different kinds of mixing ratio of catalyst paste vs base paste measured at 1 hour after the start of measurement.

형 복합레진(CF)에서 촉매와 기재의 혼합비율을 각각 0.5, 1.0 및 1.5로 하였을 때 측정된 중합수축력은 2.47kgf, 2.34kgf 및 2.08kgf의 순으로 감소되어 나타났다.

IV. 총괄 및 고안

복합레진이 산처리된 법랑질에 기계적으로 결합되는 기질을 상아질에서는 동일하게 이용할 수 없다. 복합레진을 상아질과의 결합을 향상시키기 위하여 Dogon²⁵⁾과 Torstenson의 2인²⁶⁾은 점도가 낮은 레진을 상아질 와동벽에 먼저 도포한 후 복합레진을 충전시켰으며 Eriksen과 Buonocore²⁷⁾와 Lutz의 2인²²⁾은 와동 변연부에 사면을 형성하여 복합레진수복후 중합수축으로 인하여 발생하는 변연 누출을 감소시킴으로서 결합 능력을 향상시킬수 있는 방법을 제시하였다.

그러나, 이와같은 기계적 방법으로는 복합레진 자체의 치질에 대한 완벽한 결합을 기대할 수 없다. 특히 와동의 외형이 치경부에 위치하여 상아질을 포함하게 되는 5급 와동에서 복합레진 수복물의 효과적인 변연 봉쇄성을 유지시키기 어렵다고 Phair와 Fuller²⁸⁾는 보고한 바 있다. 이에 대하여 Crim²⁹⁾은 복합레진의 중합수축력의 방향이 주로 절단축으로 향하기 때문에 변연 누출을 방지할 수 없다고 보고하였으며, Davidson의 2인¹⁷⁾과 Crim²⁹⁾ 및 Davidson과 Kemp-Scholte³⁰⁾등도 복합레진이 상아질과 접착되었다 하더라도 일반적으로 복합레진의 중합수축응력이 접착강도를 초과하기 때문에 복합레진과 상아질 경계면에서 분리가 나타났다고 보고하였다.

또 Jorgensen의 2인³¹⁾도 복합레진 수복후 중합수축으로 인하여 변연 누출의 발생뿐만 아니라 변연부 치질 파괴도 수반됨을 보고한 바 있다.

Kemp - Scholte와 Davidson³²⁾ 및 Crim³³⁾은 복합레진 수복후 발생하는 중합수축으로 인한 변연누출을 해결하기 위하여 복합레진의 탄력성(flexibility)을 증가시켜 접착 파괴에 대한 보상이 가능함을 보고하였다.

본 연구에서도 수복물의 두께, 즉 임상에서 와동의 깊이가 증가함에 따라 수축응력도 점차 증가함을 관찰할 수 있다(Fig. 4, 5, 6, 7). 본 연구에서는 사용된 중합수축력 측정은 Davidson의 2인²⁴⁾의 방법에 준하였으며 광의 투과성을 향상시키기 위하여 금속판을 아크릴봉으로 교체사용하였다.

그러나, 본 실험에서 나타난 중합수축력이 Davidson의 2인¹⁷⁾의 결과와 절대치에서 큰 차이를 보인 이유는 사용된 수복용 복합레진과 접착용 복합레진의 구성성분의 차이와 사용기기의 측정 방법의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

본 연구에서 복합레진의 시료 두께가 증가함에 따라 수축응력 곡선은 최대치까지 증가하다가 2시간후까지 서서히 응력의 감소가 나타나 거의 평형의 위치를 나타내고 있다(Fig. 6). 이는 복합레진이 실험 기간 내에 완전 경화가 이루어지지 않아 압류도(flow)와 중합수축력의 상호 작용에 의하여 완만한 감소와 일정한 값의 수축응력으로 나타난 것으로 사료된다.

또, 본 연구에서 수축응력 측정은 2시간 후까지 초기에 모든 실험군에서 최대의 수축응력이 나타났기 때문에(Fig. 2, 4, 6, 8), 복합레진은 수복직후가 제일 중요한 시기이며 이 시기에 변연 누출 발생을 최소로 하기 위하여 결합강도가 보다 우수한 복합레진을 사용하거나, 상아질 결합제(dentin bonding agent)의 전처리가 필요하다고 사료된다. 특히 본 실험의 결과에서 광중합형이 화학 중합형에 비하여 중합속도가 빠르기 때문에 수축응력도 훨씬 조기에 나타나 광중합형은 수복 직후 변연 누출 방지에 더욱 세심한 주의가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서 광중합 복합레진(PC)의 경우 화학 중합형 복합 레진(CF)에 비하여 중합수축력이 크게 나타났다(Fig. 2, 3). 이는 Davidson의 2인¹⁷⁾의 결과와도 일치한다. 이미 설명한 바와 같이 중합방식차이에 따른 중합속도 및 중합 수축 방향이 다르기 때문이라고 생각된다.

또, Prati와 Nucci³⁴⁾ 및 Prati의 3인³⁵⁾ 등도 복합레진 수복후 나타나는 변연 누출과 중합수

축력 및 치질과의 접착 강도와와의 상호 관계로서 임상적으로 관찰되는 실패에 대한 정확한 분석은 불가능하나 변연 봉쇄성이 임상 결과를 좌우함에는 틀림없다고 하였으나, Smith의 3인³⁶⁾등은 치질과 복합레진 경계에서 변연 누출과 중합 수축과의 상관관계는 관찰되지 않았다고 보고하여 연구자들에 따라 상반된 의견을 주장하고 있다. 한편 Hansen과 Asmussen³⁷⁾은 전치용 복합레진에 비하여 구치용 복합레진이 변연 누출이 훨씬 적게 나타난 이유는 복합레진의 조성(특히 filler 함량 및 종류)과 점성차이 때문이라고 보고하여 복합 레진의 점도는 임상적으로 변연 누출과 밀접한 관계가 있음을 암시하고 있다.

본 연구에서도 화학 중합형 복합레진(CF)의 경우 촉매와 기재의 혼합 비율을 증가시킨 경우 중합 수축력이 감소하였다(Fig. 8, 9). 이는 촉매의 양을 증가시켰을 경우 점도가 증가된 결과로써 복합레진의 중합시 분자 결합 양상이 보다 견고해지고, 안정되며 초기에 중합이 유도되어 나타난 결과로 사료된다. 이에 대하여 Bausch의 4인²³⁾도 복합레진에서 촉매와 기재의 비율이 0.5~2.0일 경우, 수축량은 0.5~4.0%로 보고하며 임상에서 복합레진의 혼합비가 중요함을 보고한 바 있다. 또, Hansen과 Asmussen³⁷⁾, Hansen³⁸⁾등도 복합 레진 수복 후 구강내에서 수분과의 가수팽창(수화팽창)으로 수축은 어느정도 보상할 수 있다고 보고하였으나, 이에 대한 명확한 연구 보고는 아직까지 미흡한 실정이다.

본 연구에서 사용된 복합 레진의 중합 수축력 측정 방법 이외에도 Lee의 2인³⁹⁾의 선측정법과 Hegdahl과 Gjerdet⁴⁰⁾의 부피 측정법이 있으나 앞으로 oscillating rheometer을 이용하여 작업시간 및 경화 시간을 측정하여 수축량을 분석 비교하는 것이 바람직하다고 사료된다. Zidan의 2인⁴¹⁾을 중합 수축력은 최소로 하기 위하여 점층으로 충전하는 방법(laminate technique)과 상아질 접착제를 사용하는 방법을 병동하여 변연 누출을 방지할 수 있음을 보고하여 앞으로 본 연구결과와 dentin bonding agent 또는 dentin adhesive를 도포한 후, 복

합레진을 수복하여 중합수축력을 측정 비교하면 보다 흥미있는 결과가 예상된다. 특히 복합레진 수복이 치경부측 와동에 존재할 때 발생하는 중합수축은 변연 누출을 일으키게 되어 수복후 지각 과민증, 2차 우식증 및 수복물의 수명에 관계된다. 또 현재 시판되고 있는 복합레진으로는 이러한 변연 누출과 중합수축에 대하여 효과적으로 대처할 수 없다. 따라서 중합수축력이 최소인 복합레진의 개발과 함께 보다 정확한 중합 수축 방향 및 중합 수축량에 대한 계속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

복합레진의 중합 수축에 대하여 연구할 목적으로 화학중합형 복합레진인 Clearfil FII (CF)와 광중합형 복합레진인 Photo-Clearfil Bright (PC)를 사용하여 시료 두께 0.65mm, 1.30mm 및 1.95mm인 경우(광중합형에서는 두께 1.95mm 시료 제외) 시간 경과에 따른 중합 수축력을 Fig. 1 측정 장치를 이용하여 측정하였으며, 화학중합형 복합레진(CF)의 경우, 촉매와 기재의 혼합 비율을 각각 0.5, 1.0 및 1.5로 하여 중합 수축력을 측정 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 화학중합형 복합레진에 비하여 광중합형 복합레진의 중합 수축력이 훨씬 높게 나타났다.
2. 화학중합형 및 광중합형 복합레진 모두에서 두께가 증가함에 따라 중합 수축력이 증가하였다.
3. 화학중합형의 복합레진의 경우 촉매와 기재의 혼합 비율이 증가할수록 중합 수축력은 감소하였다.
4. 중합 개시후 광중합형 및 화학중합형 복합레진에서 초기에 높은 중합수축력을 나타내었다.

REFERENCES

1. Buonocore, M.G.: A Simple Method of

- Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces, *J Dent Res* 34:849-852, 1955.
2. Pashley, D.H., Michelich, V. and Kehl, T.: Dentin Permeability: Effect of Smear Layer Removal, *J Prosthet Dent* 46:531-537, 1981.
 3. Stanley, H.R., Going, R.E., and Chauncey, H.H.: Human Pulp Response to Acid Pretreatment of Dentin and to Composite Restoration, *J Am Dent Assoc* 91:817-825, 1975.
 4. Gwinnett, A.J.: The Morphologic Relationship Between Dental Resins and Etched Dentin, *J Dent Res* 56:1155-1160, 1977.
 5. Bowen, R.L.: Adhesive Bonding of Various Materials to Hard Tooth Tissue. The Effect of a Surface Active Co-monomers on a Adhesion to Diverse Substrates, *J Dent Res* 44:1369-1373, 1965.
 6. Rupp, M.W., Venz, S., and Cobb, E.N.: Sealing of the Gingival Margin of Composite Restorations, *J Dent Res* 62:254 Abst No. 765, 1983.
 7. Masuhara, E.: Die Neuentwickelten Haftfähigen Kunststoffe und Ihre Klinische Anwendung, *Dtsh Zahnartzl Z* 37:155-159, 1982.
 8. Bowen, R.L., Cobb, E.N., and Rapson, J.E.: Adhesive Bonding of Various Materials to Hard Tooth Tissues: Improvement in Bond Strength to Dentin, *J Dent Res* 61: 1070-1076, 1982.
 9. Asmussen, E., and Munksgaard, E.C.: Bonding of Restorative Resins to Dentin by means of Methacryloyl Chloride and Methacryloyl -R- Isocyanate, *Scand J Dent Res* 91:153-155, 1983.
 10. Fusayama, T.: Non-pressure Adhesion of a New Restorative Resin, *J Dent Res* 58: 1364-1370, 1970.
 11. Fusayama, T.: New Adhesive Resin Restoration, Material Science and Clinical use. In *New Concepts in Operative Dentistry: Differentiating Two Layers of Carious Dentin and Using and Adhesive Resin*, Chicago Quintessence Publishing Co. 1980.
 12. Surmont, P., Martens, L., Mareels, S., and Moors, M.: A Scanning Electron Microscopic and Tensile Bond Strength Evaluation of Gluma Dentin Bond Application, As a Function of Dental Pretreatment, *Dent Mater* 5:224-229, 1989.
 13. Farbinder, D.T., Burgess, J.O., Robbins, J.W., and Theobald, D.: Tensile Bond Strength of Dental Adhesive to Dentin and Enamel, *Dent Mater* 5:272-275, 1989.
 14. Inagaki, A., Chigira, H., Itoh, K., and Wakumoto, S.: Effects of Self-etching Primers on Dentin, *Dent Mater* 5:403-407, 1989.
 15. Eliades, G.C. and Vougiouklakis, G.J.: 31P-NMR Study of Simulated Interfaces with Dentin, *Dent Mater* 5:101-108, 1989.
 16. Bowen, R.L., Nemoto, K., and Rapson, J.E.: Adhesive Bonding of Various Materials to Hard Tooth Tissues, Forces Developing in Composite Materials during Hardening, *J Am Dent Assoc* 10:475-477, 1989.
 17. Davidson, C.L., de Gee, A.J., and Feilzer, A.: The Competition Between the Composite-Dentin Bond Strength and the Polymerization Contraction, *J Dent Res* 63: 1396-1399, 1984.
 18. Feilzer, A.J., de Gee A.J., and Davidson, C.L.: Increased Wall-to-Wall Curing Contraction in Thin Bonded Resin Layers, *J Dent Res* 68:48-50, 1989.
 19. Feilzer, A.J., de Gee, A.J., and Davidson, C.L.: Setting Stress in Composite Resin in Relation to Configuration of the Restora-

- tion, *J Dent Res* 66:1636-1639, 1987.
20. Asmussen, E.: The Effect of Temperature Changes on Adaptation of Resin Fillings, *I. Acta Odontol Scand* 32:161-171, 1974.
 21. Hansen, E.K., and Asmussen, E.: A Comparative Study of Dentin Adhesives, *Scan J Dent Res* 93:280-287, 1985.
 22. Lutz, F., Krejci, I., and Oldenberg, T.R.: Elimination of Polymerization Stresses at the Margins of Posterior Composite Resin Restorations; A New Restorative Technique, *Quint Int* 17:777-784, 1986.
 23. Bausch, J.R., De Lange, C., Davidson, C., Davidson, C.L., Peters, A., and de Gee, A.J.: Clinical Significance of Polymerization Shrinkage of Composite Resins, *J Prosthet Dent* 48:59-67, 1982.
 24. Davidson, C.L., Van Zeghbroeck, L., and Feilzer, A.J.: Destructive Stresses in Adhesive Luting Cements, *J Dent Res* 70:880-882, 1991.
 25. Dogon, I.L.: Studies Demonstrating the Need for an Intermediary Resin of Low Viscosity for the Acid Etch Technique. In: Proceedings of an International Symposium on the Acid Etch Technique. Silverstone, L.M., and Dogon, I.L., St. Paul MN. North Central Pub., pp. 100-118, 1975.
 26. Torstenson, B., Brännström, M., and Mattsson, B.: A New Method for Sealing Composite Resin Contraction Gaps in Lined Cavities, *J Dent Res* 64:450-453, 1985.
 27. Eriksen, H.M., and Buonocore, M.G.: Marginal Leakage with Different Composite Restorative Materials in Vitro. Effect of Cavity Design, *J Oral Rehabil* 3:315-322, 1976.
 28. Phair, C.B., and Fuller, J.L.: Microleakage of Composite Resin Restorations with Cementum Margins, *J Prosthet Dent* 53: 361-365, 1985.
 29. Crim, G.A.: Assessment of Microleakage of 12 Restorative Systems, *Quint Int* 17: 21-24, 1987.
 30. Davidson, C.L., and Kemp-Scholte, C.M.: Short-comings of Composite Resins in Class V Restorations, *J Esthet Dent* 1:1-4, 1989.
 31. Jorgensen, K.D., Asmussen, E. and Shimokobe, H.: Enamel Damages caused by contracting Restorative Resins, *Scand J Dent Res* 83:120-122, 1975.
 32. Kemp-Scholte, C.M., and Davidson, C.L.: Marginal Sealing of Curing Contraction Gaps in Class V Composite Resin Restorations, *J Dent Res* 67:841-845, 1988.
 33. Crim, G.A.: Effect of Composite Resin on the Micro leakage of Scotch Bond and Gluma, *Am J Dent* 1:215-216, 1988.
 34. Prati, C., and Nucci, C.: Marginal Gap, Microleakage and Shear Bond Strength of Adhesive Restorative Systems, *J Dent Res* 68:996 Abst. No. 1036, 1989.
 35. Prati, C., Nucci, C., Davidson, C.L., and Montanar, G.: Early Marginal Leakage and Shear Bond Strength of Adhesive Restorative Systems, *Dent Mater* 6:195-200, 1990.
 36. Smith, J., Fitchie, J., Puckett, A., and Hembree, J.: Effect of Thermal Expansion Coefficients and Polymerization Shrinkage on Microleakage, *J Dent Res* 71: Abst. No. 825, 1992.
 37. Hansen, E.K., and Asmussen, E.: Marginal Adaptation of Posterior Resins: Effect of Dentin Bonding Agent and Hygroscopic Expansion, *Dent Mater* 5:122-126, 1989.
 38. Hansen, E.K., and Asmussen, E.: Marginal Adaptation of Posterior Resins: Effect of Dentin Bonding Agent and Hygroscopic

- Expansion, *Dent Mater* 5:122-126, 1989.
38. Hansen, E.K.: Visible light-cured Composite Resins: Polymerization Contraction, Contraction Pattern and Hygroscopic Expansion, *Scand J Dent Res* 90:329-335, 1982.
39. Lee, H.L., Swartz, M.L., and Smith, F.F.: Physical Properties of Four Thermosetting Dental Restorative Resins, *J Dent Res* 48: 526-535, 1969.
40. Hegdahl, T. and Gjerdet, N.R.: Contraction stresses of Composite Resin Filling Materials, *Acta Odontol Scand* 35:191-195, 1977.
41. Zidan, O., Gomez-Marin, O., and Tsuchiya, T.: A Comparative Study of the Effects of Dentinal Bonding Agents and Application Techniques on Marginal Gaps in Class V Cavities, *J Dent Res* 66:716-721, 1987.

A STUDY ON THE POLYMERIZATION STRESS OF COMPOSITE RESINS

Boo Rang Kim, D. D. S., M. S. D., Ho Young Choi, D. D. S., M. S. D., Ph. D.,
Byung Soon Min, D. D. S., M. S. D., Ph. D., Sang Jin Park, D. D. S., M. S. D., Ph. D.,
Gi Woon Choi, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

The purpose of this study was to measure the polymerization contraction stress of two types of composite resins ; chemical cured type(Clearfil F II, Kuraray, Japan) and photo-cured type(Photo-Clearfil Bright, Kuraray, Japan). The stresses of composite resin by contraction measured with specially designed measuring device(Fig. 1).

The stresses caused by shrinkage during hardening of specimens were measured according to the type of composite resins, thickness of specimen(0.65, 1.30 and 1.95mm), and ratio of catalyst to base in case of only chemical cured composite resin(0.5, 1.0 and 1.5).

As the composite resin specimen shrank on hardening, the load cell recorded force vs time automatically on pen-recorder(Toa, Japan) with a cross-head speed 60mm/hr at 0~10 voltages up to 2 hours.

The experiments were conducted in a room maintained at $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and relative humidity $50 \pm 10\%$.

The results were as follows.

1. The contraction stress during hardening was higher in photo cured composite resin than in chemical cured composite resin.
2. The contraction stress during hardening was increased with thickness of composite resin specimen.
3. In chemical cured composite resin, the polymerization contraction stress was decreased with ratio of catalyst and base.
4. The contraction stress during polymerization was higher in early time after insertion of photo cured composite resin and chemical cured composite resin.