

레진계 임시수복재의 중합수축, 수화팽창과 미세누출

조낙연 · 이인복*

치과보존학교실, 서울대학교 치의학전문대학원

ABSTRACT

POLYMERIZATION SHRINKAGE, HYGROSCOPIC EXPANSION AND MICROLEAKAGE OF RESIN-BASED TEMPORARY FILLING MATERIALS

Nak Yeon Cho, In-Bog Lee*

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

The purpose of this study was to measure the polymerization shrinkage and hygroscopic expansion of resin-based temporary filling materials and to evaluate microleakage at the interface between the materials and cavity wall.

Five resin-based temporary filling materials were investigated: Fermit (Vivadent), Quicks (Dentkist), Provofil (Promedica), Spacer (Vericom), Clip (Voco). Caviton (GC) was also included for comparison. Polymerization shrinkage of five resin-based temporary filling materials was measured using the bonded disc method. For the measurement of hygroscopic expansion, the discs of six cured temporary filling materials were immersed in saline and a LVDT displacement sensor was used to measure the expansion for 7 days. For estimating of microleakage, Class I cavities were prepared on 120 extracted human molars and randomly assigned to 6 groups of 20 each. The cavities in each group were filled with six temporary filling materials. All specimens were submitted to 1000 thermocycles, with temperature varying from 5°C /55°C. Microleakage was determined using a dye penetration test.

The results were as follows:

1. Fermit had significantly less polymerization shrinkage than the other resin-based temporary filling materials. Fermit (0.22 %) < Spacer (0.38 %) < Quicks (0.64 %), Provofil (0.67 %), Clip (0.67 %)
2. Resin-based temporary filling materials showed 0.43 - 1.1 % expansion in 7 days.
3. Fermit showed the greatest leakage, while Quicks exhibited the least leakage.
4. There are no correlation between polymerization shrinkage or hygroscopic expansion and microleakage of resin-based temporary filling materials. [J Kor Acad Cons Dent 33(2):115-124, 2008]

Key words: Resin-based temporary filling material, Polymerization shrinkage, Hygroscopic expansion, Microleakage

- Received 2008.1.28., revised 2008.3.5.,
accepted 2008.3.6.-

* 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

최근 들어 접착치과학의 발달과 함께 심미적 구치부 수복 방법으로 복합레진 인레이, 도재 인레이 등 간접 수복이 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 간접수복법은 복합레진 직접수복과 비교하여 물성의 개선, 중합수축 응력의 감소, 진료시간의 단축, 적절한 외형 형성 용이 등의 잇점이 있는 반면 추가 내원 및 임시 수복이 필요하다.

임시 수복은 기공소를 통한 인레이, 온레이 수복 시 반드시 필요한 과정이며 이는 치수의 건강과 수복물의 최종 합착에 큰 영향을 미칠 수 있다. 임시 수복물은 삭제된 치아를 세균 및 물리적, 화학적 손상으로부터 보호하고, 삭제된 치아뿐 아니라 인접치, 대합치를 제 위치에 유지시키며, 가해지는 외력에 대항할 수 있는 적절한 강도와 유지력을 지녀야 하는 등의 요구조건을 충족시켜야 한다. 하지만, 임시 수복으로 인한 상아질의 오염이 치수의 건강을 저해하고 상아질 접착력을 줄일 수 있으므로 가능한 빨리 최종 수복물로 교체해 주거나 적절한 밀폐 효과를 지니고 쉽게 제거할 수 있는 임시 충전 재료를 적용해야 한다¹⁾.

인레이 와동의 임시 수복시 전통적으로 자가 중합형 아크릴릭 레진을 이용하여 임시 수복물을 제작, 비 유지놀게 임시 접착 시멘트로 접착하거나 임시 수복 시멘트로 충전하기도 하였다²⁾. 그러나 아크릴릭 레진을 이용한 임시 수복법은 조작과정이 복잡하고 시간이 많이 소요되어 단순한 1급이나 2급 와동에는 번거로우며 임시 수복 시멘트로 충전한 경우 제거가 용이하지 않다.

이에 최근 레진 성분에 기초한 임시 수복재가 판매되고 있는데 이러한 레진계 임시수복재는 구강내 와동에 직접 삽입하고 조정하고 광중합할 수 있다³⁾. 레진계 임시수복재는 제거하기 어렵고 경화 시간이 긴 시멘트를 사용하지 않고도 간단한 방법으로 임시 수복을 할 수 있어 널리 상용화되는 추세이다. 그러나 레진계 임시수복재도 충전용 복합레진과 마찬가지로 중합 시 수축을 하고 그 결과 와동벽과의 간극이 발생할 수 있다. 또한 구강 내에서 타액에 노출된 임시수복재는 시간이 경과함에 따라 수분을 흡수하여 팽창할 수 있다. 따라서 임시수복재의 중합수축과 중합수축을 보상할 수 있는 수화팽창, 그 결과 나타나는 미세누출을 평가하는 것은 매우 중요하다.

그동안 임시수복재로 쓰이는 재료들의 미세누출을 평가한 연구들이 있었지만 그 연구 결과는 매우 상반된 결과를 보이고 있으며 인레이 와동이 아닌 근관 와동에서 임시수복재의 미세누출을 연구한 논문들이 대부분이다³⁻¹⁰⁾.

Deveaux 등⁴⁾, Mayer와 Eickholz⁵⁾, Anderson 등⁶⁾ 및 Bobotis 등⁷⁾은 레진계 임시수복재인 TERM이 IRM 보다 밀폐효과가 우수하지만 Cavit 보다는 밀폐효과가 다소 떨어지거나 비슷하다고 보고 하였고, Deveaux 등⁴⁾,

Uctasli와 Tinaz⁸⁾ 및 Hosoya 등⁹⁾은 레진계 임시수복재인 Fermit이 Cavit보다 밀폐효과가 떨어진다고 보고하였다. 반면 Noguera와 McDonald¹⁰⁾은 TERM의 밀폐효과가 Cavit과 IRM보다 우수하다고 하였고 Tulunoglu 등³⁾도 레진계 임시 수복재인 CLIP의 밀폐효과가 전통적인 임시 수복재보다 우수하다고 하였다. 이처럼 단순히 레진계 임시수복재와 전통적인 임시수복재의 미세누출을 비교한 논문은 종종 있으나 레진계 임시수복재의 중합수축과 수화팽창을 평가한 논문은 전무하다.

본 연구의 목적은 수 중의 레진계 임시수복재의 중합수축 및 수화팽창을 측정하고 레진계 임시수복재와 와동면 사이의 미세누출을 평가하여 각 재료의 밀폐 효과를 체적변화와 관련하여 비교하기 위함이다. 본 연구의 귀무가설은 “각 재료 사이에는 중합수축, 수화팽창과 미세누출에 있어 차이가 없다” 이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 5 종의 광중합형 레진계 임시수복재와 대조군으로 석고 계통인 Caviton을 사용하였다. 사용된 재료명과 제조회사는 Table 1과 같다. 각각의 임시수복재의 광중합을 위하여 광조사기 (VIP Junior, Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 중합수축의 측정

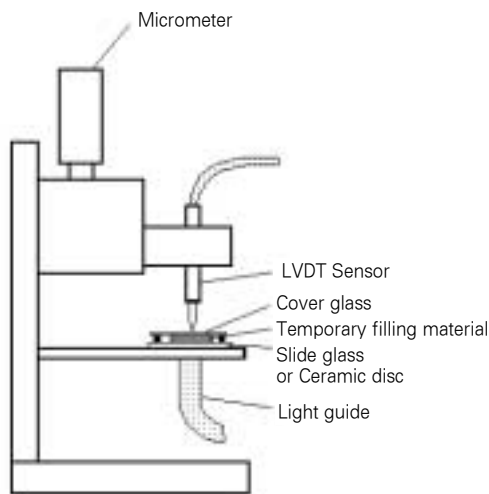
(1) 중합수축 측정장치

중합수축을 측정하기 위해 Watts와 Cash¹¹⁾가 사용한 방법과 같이 LVDT (linear variable differential transformer)를 이용하여 축방향 중합수축을 계측할 수 있는 장치를 제작하였다 (Figure 1)¹²⁾. Micrometer (Mitutoyo, Kawasaki, Japan)가 달린 vertical stage (Micro Motion Technology, Bucheon, Korea) 측방에 ± 1 mm 범위에서 $0.1 \mu\text{m}$ 이하의 정밀도로 측정이 가능한 LVDT probe (AX-1, Solartron Metrology, West Sussex, UK)을 장착하고 LVDT probe 하방에는 시편을 올려놓을 수 있는 원형의 금속링이 위치한다. 금속링 하방에는 임시 충전재 시편을 중합시키기 위한 광조사기의 끝이 위치한다.

Probe의 calibration은 vertical stage에 달려있는 micrometer를 이용하여 출력전압 10 V/mm ($10 \text{ mV}/\mu\text{m}$)가 되도록 조정하였다. 신호 처리 회로와 저역 통과 필터를 거쳐 잡음이 제거된 신호는 National instrument사 (Mopac Expwy, Austin, TX, USA)의 데이터 수집 장치인 PCI-

Table 1. Materials used in this study

Material	Batch No.	Components	Manufacturer
Cavition	0410221	Zinc oxide, Plaster of Paris, Vinyl acetate	GC, Tokyo, Japan
Fermit	H31171	Polyester urethane dimethacrylate Highly dispersed silicon dioxide Copolymer, Catalysts and stabilizers	Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Quicks	1705073	UDMA, HEMA, Silicone dioxide	Dentkist, Gunpo, Korea
Provafil	491412	Hydroxyethylmethacrylate, BHT, Acrylate ester, polymers	Promedica, Neumunster, Germany
Spacer	SR5003B	Polyurethane dimethacrylate Hydrophilic methacrylate Nano sized silica, Nano sized silver Catalyst and stabilizer	Vericom, Anyang, Korea
Clip	451587	Hydroxyethylmethacrylate, BHT Acrylate ester, polymers	VOCO, Cuxhaven, Germany

**Figure 1.** Structure of an instrument to measure axial polymerization shrinkage.

6024를 거쳐 디지털신호로 바뀐 후 같은 회사의 데이터 획득 및 분석 소프트웨어 Labview를 이용하여 파일로 저장되었다.

(2) 레진계 임시 충전재의 중합수축의 측정

두께 1 mm, 가로 75 mm, 세로 25 mm의 현미경용 slide glass (Marienfeld, Germany) 위에 광중합형 레진계 임시수복재를 소량 올려놓은 후 가로와 세로가 각각 18 mm, 두께 0.14 mm의 flexible cover glass (Marienfeld, Germany)를 덮은 후 다른 slide glass를 이용하여 위에서

누른다. 샌드위치된 시편의 두께는 아래쪽 slide glass와 위쪽 cover glass 가장자리 사이에 놓인 0.5 mm 두께의 금속제 wire로 된 spacer stop으로 조절된다. Spacer stop 사이의 거리는 22.5 mm로 대각선 방향의 길이가 25.5 mm인 cover glass의 양 끝단 내측에 약간 겹치게 조절하여 최대한의 flexibility를 허용하였다. 압착된 임시충전재의 두께는 0.5 mm, 지름은 약 6.0 mm가 되도록 하였다¹²⁾.

디스크 형태로 압착된 시편이 샌드위치되어 있는 slide glass를 측정장치의 시편대 위에 올려놓은 후 LVDT probe의 끝을 등근 시편을 덮고 있는 cover glass의 중심부 위에 위치시켰다. 이때 LVDT probe의 무게로 3.1 gm의 하중이 cover glass 위에 가해졌다. Vertical stage의 micrometer를 조정하여 출력 전압이 0이 되도록 영점을 맞추었다. 광조사 없이 20초간 base line을 잡은 후 제조사의 지시에 따라 광조사 하였다. 광의 세기는 600 mW/cm²이었고 광조사기 끝과 시편 사이의 거리는 약 3 mm였다. 광중합에 의한 복합레진의 수축이 진행되면 수직 방향의 수축에 의해 복합레진은 위에 덮어진 cover glass를 아래로 끌어당기고 시편의 수직 방향의 길이 변화가 LVDT에 의해 계측되어 컴퓨터에 저장되었다. 2 data points/sec의 비율로 10분 동안의 중합수축을 기록하였다. 중합이 완료된 후 경화된 디스크 형태의 시편의 두께와 지름을 최소 측정 정밀도 0.001 mm의 micrometer (Mitutoyo, Kawasaki, Japan)로 측정하였다. 중합 후 시편의 두께를 h, LVDT로 측정된 선형수축량을 Δh라 할 때 축방향의 중합수축은 $100 \times \Delta h / (h + \Delta h) \%$ 이다. 측정 시 실내온도는 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 이었다. 각 임시충전재당 5개 시편의 값을 얻어 수축량의 평균값과 표준편차를 구하였다.

Watts와 Cash가 사용한 'bonded disc method'를 이용한 측정시 시편의 aspect ratio가 10 이상인 경우 측방향 수축률은 체적 수축률과 같다고 보고되었으므로 선형 수축률을 측정된 측방향 수축률의 1/3로 계산하였다¹²⁾.

2) 수화팽창의 측정

가로와 세로가 각각 18 mm, 두께 0.14 mm의 flexible cover glass (Marienfeld, Germany) 위에 Caviton을 올려놓고 다른 cover glass를 이용하여 위에서 눌러 디스크 형태의 시편을 준비하였다. 아래쪽 cover glass와 위쪽 cover glass가 장자리 사이에 링을 위치시켜 샌드위치된 시편의 두께는 약 3.11 mm가 되도록 하였다. 레진계 임시수복재도 같은 방법으로 준비하고 제조사의 지시에 따라 광조사 하였다.

LVDT probe 하방에 놓인 금속링 위에 생리식염수가 담긴 샤알레를 위치시키고 시편 제작 5분 후에 시편을 생리식염수에 담근 후 LVDT probe의 끝을 시편 상방에 위치시켰다. 수화팽창에 의한 시편 두께의 변화가 접촉한 LVDT에 의해 계측되어 컴퓨터에 저장되었다. 1 data point/min의 비율로 7일 동안 수화팽창을 기록하였다. 수화팽창에 의한 두께 변화를 Δh 라 할 때 수화팽창률은 $(\Delta h/3.11) \times 100\%$ 이다.

3) 미세누출의 측정

120개의 우식이나 충전물이 없는 발치된 상하악 소구치와 대구치를 선택하였다. 치아의 표면에 부착된 치주인대와 치석을 제거하고 실험 전까지 0.5 % chloramine-T용액에 보관하였다. 가로 2 cm, 세로 3 cm, 높이 2 cm의 아크릴 블록에 지름 12 mm, 높이 12 mm의 hole을 형성하고 교정용 투명레진을 이용하여 치관을 제외한 치근부위를 매몰하였다. 그리고 고속엔진용 diamond bur를 이용하여 각 치아의 교합면에 1급 와동을 형성하였다. 와동형성은 모든 열구를 포함하는 인레이 와동 형성에 준하여 시행하였으며, 와동의 폭은 치아 협설폭의 1/2, 깊이는 중심구로부터 2 mm로 하였다. 변연에 사면은 형성하지 않았으며 internal line angle은 둥글게 마무리하였다.

120개의 와동을 각 임시 충전재에 대하여 각각 20개씩 6개의 군으로 나누었으며 한 군에 소구치 10개, 대구치 10개가 되도록 무작위로 배분하였다. 광중합형 레진계 임시수복재는 와동에 충전한 후 교합면 방향에서 제조사의 지시에 따라 광중합 하였으며, Caviton은 충전만 하였다. 충전이 완료된 시편을 생리식염수에 4시간 보관한 후 5℃와 55℃의 수조에서 번갈아 (Dwelling time : 15 s, waiting time : 15 s) 총 1000회의 온도변화를 주며 Thermocycling을 실시하였다. Thermocycling 후 충전 와동의 변연 1 mm를 제외한 치관의 전 표면에 nail varnish를 두 번 도포하였다. Varnish를 완전히 건조시키고 나서 2% methylene

blue (Sigma Aldrich, Steinheim, Germany) 염색 용액에 12시간 동안 담근 후, 흐르는 물에 5분간 세척하였다. 시편을 diamond saw (Isomet, Buehler Co., Chicago, IL USA)를 사용하여 근원심으로 절단한 후, 충전재를 제거하였다. Microscope (SMZ-U, Nikon, Tokyo, Japan)을 이용하여 20 배의 배율로 와동 내부의 염색 용액의 침투도를 관찰하고 사진 촬영하였다.

염색용액의 침투도는 다음과 같이 판정하였다^{3,13)}.

0: 염색용액의 침투가 전혀 없는 경우

1: 염색용액의 침투가 와동깊이의 1/2을 넘지 않는 경우

2: 염색용액의 침투가 와동의 전체 깊이까지 확장되었으나 치수벽까지 도달하지 않은 경우

3: 염색용액의 침투가 치수벽까지 확장된 경우

3. 통계처리

각 재료간의 중합수축, 수화팽창의 차이를 알아보기 위해 one-way ANOVA test를 통해 비교하고 Tukey test로 사후검정하였다 ($\alpha < 0.05$). 미세누출의 차이를 알아보기 위해서는 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney test를 이용하였다 ($\alpha < 0.05$). 중합수축, 수화팽창, 그리고 미세누출 사이의 연관성이 있는지 알아보기 위하여 Spearman correlation analysis를 시행하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 레진계 임시수복재의 중합수축

레진계 임시수복재의 시간에 따른 측방향 중합수축 곡선의 모양은 Figure 2와 같다. 계산된 선형중합수축량의 측정값은 Table 2에 나타나 있다. 선형중 수축량은 Fermit가

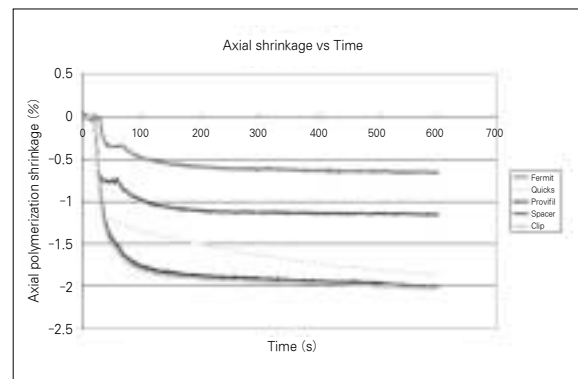


Figure 2. Representative curves of axial polymerization shrinkage of temporary filling materials as a function of time.

Table 2. Calculated linear polymerization shrinkage (%) of temporary filling materials

Temporary filling materials	Fermit	Quicks	Provifil	Spacer	Clip
Polymerization shrinkage (%)	0.22 (0.01) ^a	0.64 (0.02) ^c	0.67 (0.01) ^c	0.38 (0.01) ^b	0.67 (0.01) ^c

The numbers in parenthesis are S.D.

Same superscript letters mean that there is no statistical difference.

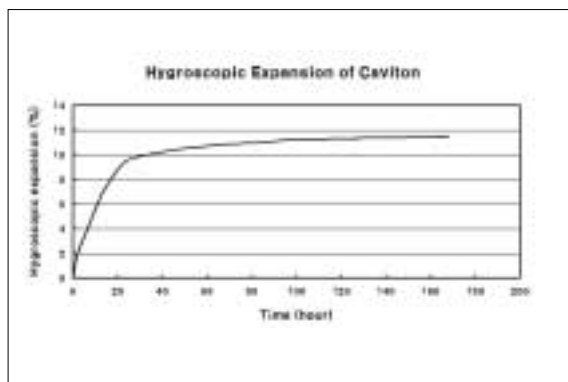
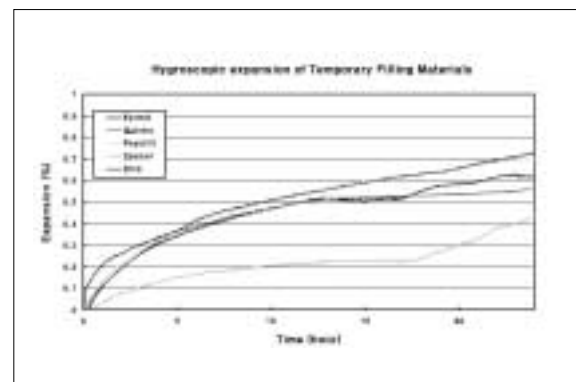
Calculated linear shrinkage = measured axial shrinkage \times (1/3)

Table 3. Hygroscopic expansion (%) of temporary filling materials at 24 hr and 7 days

	24 hr	7days
Cavition	9.52 (0.74) ^a	11.5 (0.45)
Fermit	0.62 (0.01) ^c	0.75 (0.04)
Quicks	0.56 (0.06) ^c	0.78 (0.02)
Provifil	0.70 (0.07) ^b	1.10 (0.02)
Spacer	0.43 (0.01) ^d	0.43 (0.01)
Clip	0.72 (0.07) ^b	0.90 (0.10)

The numbers in parenthesis are S.D.

Same superscript letters mean that there is no statistical difference.

**Figure 3-a.** Hygroscopic expansion of Cavition as a function of time.**Figure 3-b.** Initial hygroscopic expansion of temporary resin materials as a function of time.

0.22%로 가장 낮은 값을 보였고, Spacer가 0.38%였으며, Quicks (0.64%), Provifil (0.67%), Clip (0.67%)의 순이었다.

2. 임시수복재의 수화팽창

7 일간의 수화팽창 측정결과와 초기 24 시간의 수화팽창의 그래프는 각각 Table 3과 Figure 3와 같다. 7 일 후 Hygroscopic material로 알려져 있는 Cavition은 11.5%

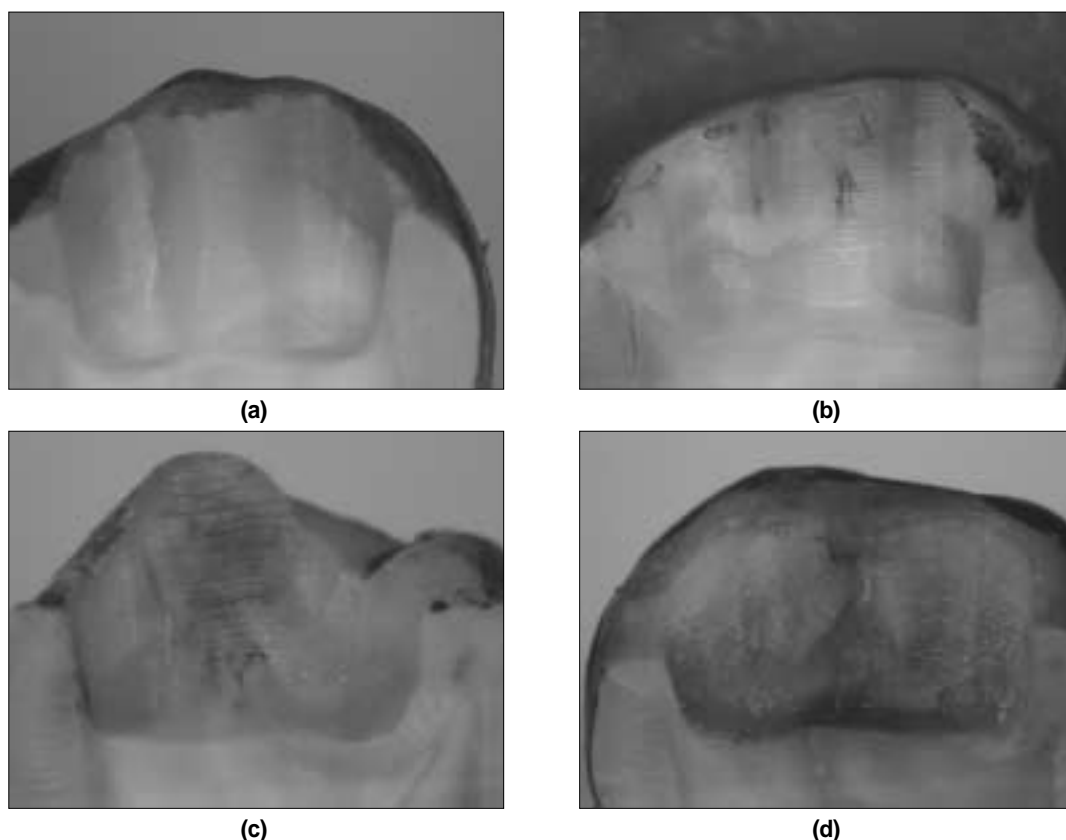


Figure 4. The representative pictures for different microleakage patterns.

- (a) Score 0: no leakage
- (b) Score 1: leakage up to half of the cavity depth
- (c) Score 2: leakage in the entire cavity depth without reaching the pulpal wall
- (d) Score 3: leakage in the entire cavity depth even reaching the pulpal wall

가량의 상당한 수화팽창을 보였고 레진계 임시수복재는 0.43 - 1.1% 가량의 수화 팽창을 보였다. 대부분의 재료는 초기 5 시간 내에 급격한 수화 팽창을 보이다가 24 시간 경과한 시점에서는 팽창율이 감소하여 Provafil을 제외하고는 7 일까지 큰 변화를 보이지 않았다.

3. 임시 수복재의 미세누출

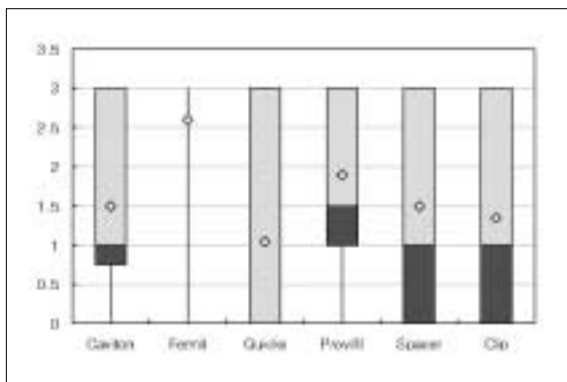
각 미세누출 score를 대표하는 시편의 사진은 Figure 4와 같다. 각 군별 미세누출 score의 분포 및 평균값은 Table 4에 나타나 있다. 미세누출이 일어난 경우에는 Score 2인 시편은 드물었고 보통 Score 1이거나 Score 3이었다. 즉, 염색용액이 와동의 전체 깊이까지 확장되는 경우에 대부분 치수벽까지 도달하는 양상을 보였다. Fermit는 시편의 대부

분 (80%)에서 치수벽까지 미세누출양상을 보였다. Quicks는 55%의 경우에서 완벽한 밀폐효과를 보였다.

Figure 5의 boxplot은 하위 25%와 상위 25%간 범위 및 중앙값 그리고 평균을 보여주는 그래프이다. Box를 두 부분으로 나누는 검은 선이 중앙값이며 상부 box는 중앙값과 상위 25% 사이의 분포를 나타내고, 하부 box는 하위 25%와 중앙값 사이의 분포를 나타낸다. Fermit의 경우 시편의 80%가 score 3이기 때문에 상위 25%, 중앙값, 그리고 하위 25% 모두 score 3이므로 box를 표시하지 않았고 Quicks의 경우 상위 25%는 score 3, 중앙값과 하위 25%가 score 0 이므로 상부 box만 표시하였다. 평균값 (◇)으로 비교했을 때 Fermit이 가장 많은 양의 미세누출을 보였으며 Quicks가 가장 적은 양의 미세누출을 보였다.

Table 4. Number of specimens in each score and mean microleakage score

Group	Score				No.	Mean score
	0	1	2	3		
Cavition	5	6	3	6	20	1.5
Fermit	1	2	1	16	20	2.6
Quicks	11	3	0	6	20	1.05
Provafil	1	9	1	9	20	1.9
Spacer	7	4	1	8	20	1.5
Clip	8	4	1	7	20	1.35

**Figure 5.** Boxplot display of mean and median leakage score for each group.

The plot illustrates a summary of the microleakage scores based on the median, quartiles, and extreme values. The box represents the interquartile range which contains the 50% of values, the whiskers represent the highest and lowest microleakage values and the bold black line across the box indicates the median microleakage scores. The mark \diamond represents the mean microleakage scores.

4. 상관관계

중합수축과 미세누출간의 Spearman 상관계수는 -0.410 이었으며, 수화팽창과 미세누출간의 Spearman 상관계수는 0.058 이었다.

IV. 총괄 및 고안

임시수복재는 단기간 구강 내 유지하게 되지만 임시 수복재의 체적변화로 인한 미세 누출로 와동의 상아질이 오염되어 치수의 건강을 위협할 수 있다. 또한 2 급 와동의 경우 재료의 팽창으로 인하여 치아 사이가 이개되면 최종 수복물

의 적합시 문제를 발생시킬 수 있다. 이에 본 실험에서는 발생 가능한 이러한 문제점들을 고찰하기 위하여 최근 상용화되고 있는 수종의 레진계 임시수복재의 중합수축 및 수화팽창 그리고 미세 누출을 비교 연구하였다.

각 레진계 임시수복재의 중합수축을 측정하기 위하여 Watt와 Cash에 의하여 개발된 'bonded-disk method'를 이용하였다¹¹⁾. Watt 등이 사용한 중합 수축 측정 장치의 경우 변위 측정 센서를 이용하여 축방향의 중합수축을 측정하고 이를 체적수축으로 환산하는 방법을 이용한다. 이 방법의 경우 C-factor가 크면 수평방향의 수축은 거의 무시될 만큼 작고 주로 축방향의 수축만 일어나 축방향의 수축비가 거의 체적 수축비에 근접하게 된다¹¹⁾. 또한 Lee 등¹²⁾에 의하면 구체적으로 C-factor가 최소 6 이상이 되도록 시편을 준비하여야만 bonded disc method로 측정된 축방향 수축률 값이 체적수축률과 같아진다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 레진계 임시수복재 시편의 두께를 0.5 mm, 지름을 6 mm로 조정하여 C-factor가 6이 되도록 준비함으로써 측정된 축방향 수축률 값을 체적 수축률로 간주하였다. 또한 본 연구에서는 측정된 축방향 수축의 1/3값을 실제 선형수축 값으로 변환하여 비교하였다.

본 실험의 수화팽창 측정시 시편을 증류수에 담근 상태에서 LVDT를 사용하여 시편의 두께 변화를 1 분 간격으로 측정하였다. Micrometer를 이용한 측정법이나 비중을 계산하는 방법은 측정시 오차 발생 가능성이 높고 시편 손상의 가능성이 있는데 반해 LVDT를 이용한 측정법은 물속에서 수화팽창이 진행되는 동안 시편의 이동 없이도 연속적인 측정을 할 수 있어 보다 정확한 측정이 가능하다.

본 실험에서는 미세변연누출에 대한 실험 방법 중 염색용액의 침투도를 조사하는 방법을 사용하였다. 염색 용액을 이용한 미세누출 평가방법은 가장 고전적이면서도 널리 사용되는 방법으로서 유해한 방사선이나 화학반응에 노출될 염려가 없다는 장점이 있으나 술식에 매우 민감하며 객관적인 평가기준을 필요로 한다. 염색용액을 이용한 기존의 실험의 경우 충전된 변연의 단면만 관찰할 수 있다는 한계가

있었으나 본 실험에서는 제거가 용이한 레진계 임시수복재의 특성을 살려 근원심으로 절단한 후 충전물을 제거하여 협설측까지 와동 내부를 3차원적으로 모두 관찰한 후 결과를 판독하였다. 상아질 접착제에 의해 치아와 접착하는 수복용 복합레진과는 달리 레진계 임시수복재는 치아 내부에 단순히 충전되므로 염색용액을 이용한 평가 방법은 간단하면서도 적절한 평가 방법이라고 사료된다.

일반적으로 복합레진의 중합시 선 수축률은 0.2 - 2%, 부피수축은 1.7 - 5.7%로 알려져 있다^{11,12,14,15}. 본 실험에서 레진계 임시수복재의 수축률도 그 범주에 들었으며 Fermit은 다른 레진계 임시수복재에 비하여 적은 양인 0.22%의 선형중합수축률을 보였다. 비록 레진계 임시수복재의 중합수축률은 비교적 낮지만 치아 와동벽과의 긴밀한 접착이 존재하지 않으므로 간극 발생 가능성이 존재한다. 그 외에도 구강 내 수분과 온도 변화, 교합력 등 여러 변수가 레진계 임시수복재와 치아의 경계면 및 레진계 임시수복재 자체에 영향을 미칠 수 있으므로 미세 누출의 가능성은 더욱 크다 할 것이다^{5,16-18}.

Bobotis 등⁷과 Lee 등¹⁹은 Cavit 가 수분을 흡수하여 팽창함으로써 수복물과 긴밀한 접촉을 이루어 우수한 변연봉쇄능을 보인다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 비슷한 성분을 가진 Cavition을 대조군으로 하여 여러 레진계 임시수복재의 수화팽창 및 미세누출을 비교하였다.

수화팽창 실험에서 Cavition은 예상했던 바와 같이 11.5% 가량의 높은 수화팽창률을 보였다. 비슷한 성분을 가진 Cavit은 경화시 물을 흡수 (9.6% of total weight) 하여 높은 선형 팽창율 (14%)을 보인다고 보고되었다²⁰. 반면 레진계 임시수복재의 수화팽창율에 대해서는 연구된 바가 없으며 본 실험에서는 7 일 후 0.43 - 1.1%의 수화팽창을 보였다. 수화팽창은 중합에 의해 유발된 수축을 어느 정도 상쇄할 수 있는데 의미가 있다. 특히 24 시간 내의 수화팽창은 초기 중합수축을 보상하는 기전에 매우 중요한 역할을 한다. 그래프에서 보는 바와 같이 모든 레진계 임시수복재는 물에 침적 후 초기 5 시간 안에 급격한 수화 팽창을 보이고 이 후 24 시간까지 지속적으로 팽창하다가 그 이후엔 7 일까지 약간의 증가만을 보였다. 따라서 이러한 초기의 급격한 수화팽창은 광중합에 의한 초기 중합수축을 보상하는데 큰 역할을 할 것으로 생각된다. 광중합에 의한 선형 중합수축량을 보상하기에 충분한 수화팽창이 일어난 시간을 비교하면 Fermit 2.36 hr, Quick 28.3 hr, Provifil 20.7 hr, Spacer 21.9 hr, Clip 20.6 hr 로 대부분의 재료에서 하루 내에 중합수축을 보상할 정도의 수화 팽창을 나타냈다. 수화 팽창으로 말미암아 와동벽과의 긴밀한 적응을 기대해볼 수 있으나 2 급 와동의 경우 인접치아와의 이개를 유발할 가능성에 유념해야 할 것이다.

미세누출실험에서 Cavition은 중등도의 미세누출을 보였

다. Lee 등¹⁹과 Webber 등²¹은 염색용액이 Cavit과 치아 계면뿐만 아니라 Cavit 충전재 자체로도 침투한다고 보고하였다. 본 실험에서도 염색용액이 표면으로부터 Cavition의 충전재 내부로 평균 0.5 mm가량 침투하는 양상을 보였다. 또한 계면 관찰시에 미세누출이 없었던 경우에도 치수벽까지 염색용액이 침투되어있는 양상이 관찰되었다. 이러한 양상은 Cavition 충전재를 통하여 염색용액이 확산되었기 때문인 것으로 사료된다.

Noguera와 McDonald¹⁰은 염색용액을 이용한 Cavit, IRM-Caps, TERM 등의 미세누출연구에서 정도의 차이는 있으나 모든 재료의 내부로 염색용액이 침투하였음을 발표하였다. Uranga 등²²은 Fermit의 미세누출양상이 Cavit과 유사하였으며 미세누출이 충전재와 치아 계면뿐만 아니라 충전재 내부로도 진행되었다고 보고하였다. 또한 Uctasli와 Tinaz⁸은 Fermit이 메틸렌 블루를 흡수한다고 하였는데 이러한 현상의 이유는 레진계 임시수복재가 미세입자를 포함하지 않기 때문인 것으로 추정하였다. 본 실험에서는 Clip과 Provifil의 경우 재료 표면에만 염색용액이 침투한 경우가 대부분이었으나, Fermit의 경우 대부분의 시편에서 충전재의 전 두께가 청색으로 염색되었다. 염색용액이 충전재와 치아 계면뿐만 아니라 Fermit 내부를 통하여 치수벽으로 확산되었기 때문에 Fermit의 미세누출 score가 높았던 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 각 재료의 중합수축, 수화팽창, 그리고 미세누출은 많은 차이를 보여 귀무 가설은 거부되었다. 중합수축, 수화팽창 그리고 미세누출간의 상관관계를 분석해본 결과, 상호연관성이 없었다. 중합수축과 수화팽창 이외의 다른 요소들, 즉 열팽창계수나 탄성계수 그리고 와동벽과의 적합을 용이하게 하는 조작성 등이 미세누출에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

본 실험에서 *in vitro* 실험의 한계를 극복하기 위한 일환으로 thermocycling을 시행하였는데 Qvist²³가 언급한 바와 같이 교합력 또한 레진 수복물의 미세누출에 중요한 변수가 된다. Scotti 등¹⁶은 Fermit-N의 미세누출이 심했다고 보고하면서 교합력에 의한 높은 탄성, 소성 변형은 임시수복재와 치아 계면을 열리게 한다고 하였다. 또한 재료의 접착이 우수하고, 압축강도가 높고, 단단할수록 미세누출은 적게 일어난다는 의견을 제시하였다. 따라서 향후 레진계 임시수복재에 미치는 교합력의 영향을 연구하고 레진계 임시수복재의 열팽창계수 및 탄성계수와 미세누출과의 상관관계를 규명하는 연구가 필요하다.

V. 결 론

1. Fermit의 중합수축이 가장 적었고 (0.22%) Spacer가 그 뒤를 이었으며 (0.38%), Quicks (0.64%),

- Provafil (0.67%), Clip (0.67%) 의 순이었다.
- 모든 재료는 24시간 이내에 급격한 수화팽창을 나타냈고 7일 후 수화팽창은 Caviton이 가장 컸다 (11.5%). 임시 수복용 레진은 0.43 - 1.1%가량 팽창하였다.
 - Fermit의 미세누출이 가장 많았으며 Quicks의 미세누출이 가장 적었다. Spacer와 Clip은 Caviton과 비슷한 정도의 미세누출을 보였다.
 - 중합수축 또는 수화팽창과 미세누출 사이의 직접적인 상관관계는 관찰할 수 없었다.

참고문헌

- Paul SJ, Scharer P. Effect of provisional cements on the bond strength of various adhesive bonding systems on dentine. *J Oral Rehabil* 24:8-14, 1997.
- Garber DA, Goldstein RE. Porcelain and composite inlays & onlays. *Quintessence Publishing Co, Inc.* p57-61, 1994.
- Tulunoglu O, Uctasli MB, Ozdemir S. Coronal microleakage of temporary restorations in previously restored teeth with amalgam and composite. *Oper Dent* 30(3):331-337, 2005.
- Deveaux E, Hildelbert P, Neut C, Romond C. Bacterial microleakage of Cavit, IRM, TERM, and Fermit : a 21-day *in vitro* study. *J Endod* 25(10):653-659, 1999.
- Mayer T, Eickholz P. Microleakage of temporary restorations after thermocycling and mechanical loading. *J Endod* 23(5):320-322, 1997.
- Anderson RW, Powell BJ, Pashley DH. Microleakage of three temporary endodontic restorations. *J Endod* 14(10):497-501, 1988.
- Bobotis HG, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA. A microleakage study of temporary restorative materials used in endodontics. *J Endod* 15(12):569-572, 1989.
- Uctasli MB, Tinaz AC. Microleakage of different types of temporary restorative materials used in endodontics. *J Oral Sci* 42(2):63-67, 2000.
- Hosoya N, Cox CF, Arai T, Nakamura J. The walking bleach procedure: an *in vitro* study to measure microleakage of five temporary sealing agents. *J Endod* 26(12):716-718, 2000.
- Noguera AP, McDonald NJ. A comparative *in vitro* coronal microleakage study of new endodontic restorative materials. *J Endod* 16(11):523-527, 1990.
- Watts DC, Cash AJ. Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods development. *Dent Mater* 7:281-287, 1991.
- Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM. The effect of consistency, specimen geometry and adhesion on the linear polymerization shrinkage measurement of light cured composites. *Dent Mater* 22(11):1071-1077, 2006.
- Campos PEGA, Sampaio Filho HR, Barceleir MO. Occlusal loading evaluation in the cervical integrity of class II cavities filled with composite. *Oper Dent* 30(6):727-732, 2005.
- de Gee AJ, Feilzer AJ, Davidson CL. True linear polymerization shrinkage of unfilled resins and composite determined with a linometer. *Dent Mater* 9:11-14, 1995.
- Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent* 25:435-440, 1997.
- Scotti R, Ciocca L, Baldissara P. Microleakage of temporary endodontic restorations in overdenture tooth abutments. *Int J Prosthodont* 15:479-482, 2002.
- Jacquot BM, Panighi MM, Steinmetz P, G'sell C. Evaluation of temporary restorations' microleakage by means of electrochemical impedance measurements. *J Endod* 22(11):586-589, 1996.
- Teplitsky PE, Meimaris IT. Sealing ability of Cavit and TERM as intermediate restorative materials. *J Endod* 14(6):278-282, 1988.
- Lee YC, Yang SF, Hwang YF, Chueh LH, Chung KH. Microleakage of endodontic temporary restorative materials. *J Endod* 19:516-520, 1993.
- Wideman FH, Eames WB, Serene TP. The physical and biological properties of Cavit. *JADA* 82:378-382, 1971.
- Webber RT, del Rio CE, Brady JM, Segall RO. Sealing quality of a temporary filling material. *Oral Surg* 46:123-130, 1978.
- Uranga A, Blum JY, Esber S, Parahy E, Prado C. A comparative study of four coronal obturation materials in endodontic treatment. *J Endod* 25(3):178-180, 1999.
- Qvist V. The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations *in vivo*. *J Dent Res* 62:904-906, 1983.

국문초록

레진계 임시수복재의 중합수축, 수화팽창과 미세누출

조낙연 · 이인복*

치과보존학교실, 서울대학교 치의학전문대학원

본 연구의 목적은 수종의 레진계 임시수복재의 중합수축 및 수화팽창을 측정하고 레진계 임시수복재와 와동면 사이의 미세누출을 평가하고자 하였다.

본 실험의 재료는 5종의 광중합형 레진계 임시충전재 Fermit, Quicks, Provifil, Spacer, Clip와 대조군으로 석고계 충전재 Cavition을 사용하였다.

'Bonded disc method'를 이용하여 중합수축을 측정하였고, 미리 중합된 디스크 형태의 시편을 생리식염수에 담그고 LVDT로 7일 동안 수화팽창을 기록하였다.

발거된 120개의 상, 하악 대구치에 1급 와동을 형성한 후 각각 20개씩 6개의 군으로 나누어 각 재료를 충전한 후, 1000회의 Thermocycling을 실시하고 2% methylene blue 염색 용액을 이용하여 미세누출을 평가하였다.

연구결과는 다음과 같다.

1. Fermit의 중합수축이 가장 적었고 (0.22%) Spacer (0.38%), Quicks (0.64%), Provifil (0.67%), Clip (0.67%)의 순이었다.
2. 모든 재료는 24시간 이내에 급격한 수화팽창을 나타냈고 7일 후 수화팽창은 Cavition이 가장 컸다 (11.5%). 레진계 임시수복재는 0.43 - 1.1%가량 팽창하였다.
3. Fermit의 미세누출이 가장 많았으며 Quicks의 미세누출이 가장 적었다. Spacer와 Clip은 Cavition과 비슷한 정도의 미세누출을 보였다.
4. 중합수축 또는 수화팽창과 미세누출 사이의 직접적인 상관관계는 관찰할 수 없었다.

주요어: 레진계 임시수복재, 중합수축, 수화팽창, 미세누출