

## 구치부 제2급 와동에서 고흐름성 복합레진을 이용한 적층 충전술식의 미세누출에 미치는 영향

이 강 · 홍찬의

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

### ABSTRACT

#### THE EFFECT OF SANDWICH TECHNIQUE USING FLOWABLE COMPOSITE RESIN BASE ON THE MICROLEAKAGE IN CLASS II CAVITIES OF MOLAR

Kang Lee, Chan-Ui Hong

*Dept. of Conservative Dentistry, Collage of Dentistry, Dankook University*

The aim of this study was to evaluate the marginal adaptation of direct class II sandwich restoration with packable composites(P-60), resin modified glass ionomer cement(Fuji-II LC), flowable compomer(Dyract Flow), flowable composites(Filtek Flow) in comparison with total bond restorations. In addition, for sandwich restorations, influence of different sandwich techniques was also evaluated.

Large butt-joint box typed class II cavities with cervical margins 1mm below the cemento-enamel junction were cut into 70 extracted human molars. The cavities(7 groups, n=10) were filled using a closed/open sandwich restoration or total bond restoration technique with materials according to the manufacturer's recommendation using the single-component bonding agent for each system. Teeth were thermocycled 500 times between 5°C and 55°C with 30-second dwell time. The teeth were then coated with nail polish 1mm short of the restoration, placed in a 2% methylene blue for 24 hours, and sectioned with diamond wheel. Sections were examined with a stereoscope to determine the extent of microleakage. Dentine /Cementum margins were analyzed for microleakage on scale of 0(no leakage) to 4(entire axial wall) and interface between materials, on scale of 0(no leakage) to 3(axial wall). Results were evaluated with Kruskal Wallis Test, corrected for ties, to determine whether there were statistically significant differences among the seven groups. Pairs of groups were analyzed using the Student-Newman-Keuls Method and Dunn's Method.

The results were as follows:

1. All groups showed some microleakage in cervical portion. But there were no microleakage in interface between materials.
2. Closed sandwich restorations with Fuji-II LC and Filtek Flow had significantly lower leakage rating than total restorations with only P-60. However, open sandwich restorations with Dyract Flow showed significantly higher ( $P<0.05$ ).
3. Closed sandwich restorations had significantly lower leakage rating than total restorations. However open sandwich restorations showed significantly higher ( $P<0.05$ ).
4. Sandwich restorations with Fuji-II LC were lower leakage than only P-60, Filtek Flow, Dyract Flow. But there were no statistically differences among the materials.

From the results above, it could be concluded, closed sandwich restorations was effective in reducing microleakage of class II restorations. The best results showing the least microleakage were for the closed sandwich technique with Fuji-II LC and Filtek Flow.

## I. 서 론

1962년 Rafael Bowen에 의해 복합레진이 치과계에 소개된 이후 거의 40여 년 동안 어떠한 치과 재료도 복합레진 만큼 발전을 이루지는 못했으며 치과 치료와 관계된 전통적인 치료개념의 변화를 가져오는 계기가 되었다. 그러나 초기의 복합레진은 임상적으로 사용하기에 많은 문제점이 존재하였는 바, 밀접한 인접면 접촉부를 복원시키기가 쉽지 않았고 치아외형을 섬세하게 재현하는데 어려움이 있었다. 또한 초기 복합레진은 이차 우식의 발생 가능성이 아말감에 비해 높았으며 저작에 따른 교합면 마모도 크게 나타났다.

부적절한 변연봉쇄는 복합레진의 주된 단점으로 이는 치경부변연에 법랑질이 없거나 거의 존재하지 않는 부위에서 주로 일어난다<sup>2)</sup>. 이러한 변연봉쇄의 실패는 복합레진이 경화될 때 일어나는 중합수축으로부터 기인하며 이로 인해 구강액(oral fluid), 박테리아, 독성물질(toxin)과 그 부산물들, 용해성 이온(soluble ion) 등이 술후 민감성과 2차 우식, 그리고 치수병변을 야기하게 된다<sup>1)</sup>.

초기의 in vitro에서의 연구에서 작은 2급 와동에 복합레진 수복이 성공적이 될 수 있다는 것이 주장되었지만 이러한 전제는 실제 임상에서 입증되기 어려운 것이 사실이다. 또한 많은 연구들<sup>1-3)</sup>에 따르면 in vitro 연구에서 치경부 변연이 상아질 또는 백악질상에 위치한 2급 와동 구치부 복합레진 수복물에서 상당량의 미세누출이 관찰되었다.

접착성 치과용 복합레진이 처음 소개된 이후 과연 이러한 복합레진이 아말감을 대체할 수 있을지에 관해 상당히 많은 토론이 계속되고 있다. 하지만 부적절한 마모저항성, 수복 후 민감성의 증가, 2차 우식, 파절 등의 문제점은 많은 임상 증례에서 짧은 기간내의 실패를 보였으며 이들 중 대부분의 경우 12~18개월 내의 실패가 다수를 차지한다고 보고되고 있다<sup>4)</sup>. 지난 수십 년 동안 마모저항성, 법랑질 및 상아질에의 접착력, 파절강도, delivery system, 중합능의 진보가 광범위하게 있어 왔다. 한편 이전의 많은 치과의사들이 구치부 수복재로서 복합레진을 사용하지 않은 주된 이유가 낮은 마모저항성이었으나 최근의 구치부 수복용 복합레진은 마모저항성 면에서 아말감과 거의 대등한 수준에로의 접근을 보이고 있다<sup>4)</sup>. 그럼에도 이러한 복합레진은 대부분 소구치의 Class I이나 Class II, 또는 대구치의 법랑질에 위치한 작거나 중간 크기의 교합면에서만 한정적으로 아말감 대체용으로 사용되고 있다<sup>5)</sup>.

그러나 지난 10년간 복합레진의 구치부 사용은 점차 증가되어 왔으며 이는 복합레진의 마모 저항성의 증가와 향상된 재료와 더불어 소개되는 수많은 논문들에 의해 뒷받침되어 왔다<sup>4,6,7)</sup>. 또한 아말감에서의 수은독성과 관련된 심미적 재료의 필요성 증가는 구치부 수복물에서의 대체물로서의 복합레진의 사용증가로 나타나게 되었다. 그러나 기존의 복합

레진이 아말감을 대체하기 위해서는 좀더 많은 개선이 요구되고 있다. 많은 임상가들이 실제 임상에서 직면하게 되는 여러 문제점들 중 몇 가지는 2급 와동에서 복합레진이 인접면 접촉을 형성해주기 힘들고 기구에 잘 들러붙으며 불량한 적합도를 보인다는 것이다<sup>4,8)</sup>.

근래에 "condensable" 또는 "packable"의 성질을 가지는 아말감 대체 구치부수복용 복합레진이 소개되고 있다<sup>8,9)</sup>. 이러한 재료들은 "packable"성질을 획득하기 위해 글래스 섬유입자를 사용하거나(Alert, Jenetric/Pentron, USA), 다공성의 필러입자(Solitare, Heraeus Kulzer, Germany), 불규칙한 형태의 필러 입자(Surefil, Dentsply/Caulk, USA), 글래스 용융 필러 입자(Pyr-amid, BISCO, USA), 또는 점도 조절제(Prodigy Condensable, Kerr, Germany) 등을 함유한 고품량의 필러를 포함하고 있다. 이러한 구치부수복용 레진은 아말감 충전술식과 유사하게 적용이 가능하며 적절한 인접면 접촉부 형성이 가능하다<sup>8)</sup>. 또한 깊은 중합깊이와 적은 중합수축율로 인해 단일충전(bulk-fill)이 가능할 수 있다. 그러나 이러한 더욱 경직된(stiffer) 재료는 와동에서의 내면 또는 와연우각, 특히 치경부에서의 적합도와 관련된 문제점이 제기되고 있으며 이러한 단점을 보완하기 위해 고흐름성 복합레진과 같이 낮은 점도를 가지는 재료의 복합적인 사용이 시도된바 있다<sup>17,21)</sup>. 하지만 이러한 술식의 효과가 완전히 증명된 것은 아니다.

한편 1970년대 초에 소개된 후 3급 또는 5급 와동과 유치의 1, 2급 와동에서 주로 사용되고 있는 글래스아이오노머는 법랑질과 상아질에 우수한 접착성, 불소유리, 생체친화성, 낮은 온도의 발열반응, 낮은 중합수축율, 높은 습도에서의 체적안정성, 상아질과 비슷한 열팽창계수, 그리고 반응후에도 자유단량체가 잔존하지 않는 등의 특징을 지니고 있다. 그러나 낮은 전단강도와 마모도, 낮은 색채안정성, 술식의 어려움, 수분에 대한 민감성 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 복합레진과 글래스 아이오노머의 상호보완적 장단점은 레진변형 글래스 아이오노머와 복합레진 성분에 글래스 아이오노머 성분을 혼합한 compomer의 등장을 촉진하였으나 아직 어느 정도의 물리적 한계점이 존재하는 것이 많은 연구에서 보고되고 있다.

Mclean에 의해 3급과 5급 와동에서 글래스 아이오노머와 복합레진의 접착술식을 이용한 적층술식(샌드위치술식)이 처음 소개된 이후 이러한 술식을 이용하여 중합수축에 의한 변연부 틈새를 감소시킴으로써 변연적합도를 증진시키려는 노력들이 시행되어 왔다<sup>10)</sup>.

이에 본 연구에서는 in vitro에서 치경부 경계가 상아질 또는 백악질에 위치한 구치부 2급와동에서 구치부 수복용 복합레진과 함께 레진변형 글래스 아이오노머, 고훈름성 콤포머(flowable compomer), 고훈름성 복합레진(flowable composite resin)을 liner 혹은 base로 사용하고 상방에 구

치부 수복용 복합레진을 적층충전한군과 복합레진만으로 단일 충전한군과의 미세누출을 비교하고자 하였으며, 또한 재료, 충진술식의 차이가 미세누출에 미치는 영향도 관찰하고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

최근 발거된 대구치중 건전한 협,설면을 가지고 교합면 우식이나 파절, 또는 수복물이 존재하지 않는 치아를 실험대상으로 하였다. 치아는 스케일러와 불소가 함유되지 않은 연마제를 사용하여 세척하고 연마하여 표면에 부착된 유기물 및 무기물을 제거하였고 실험에 사용될때까지 20%의 알콜용액에 보관하였다.

본실험에 사용된 재료로 수복용 복합레진으로는 구치부수복용 복합레진인 P60(3M., USA)을 사용하였으며 베이스용으로는 레진변형 글래스아이오노머인 Fuji-II LC(GC Co., Japan), 고흐름성 콤포머인 Dyract Flow(Dentsply., USA), 고흐름성 복합레진(flowable resin)인 Filtek Flow(3M., USA)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 와동형성

No.553 carbide fissure bur를 이용해 충분한 주수하에서 각 치아당 1-2개의 MO 또는 DO 2급 와동을 box type 으로 사면(bevel)없이 butt-Joint로 70개를 형성하였다. 이때 매 10개의 와동마다 새로운 버를 사용하였다. 와동의 크기는 치은연측 변연은 백악-법랑질 경계(CEJ)로부터 1mm 하방으로 형성하고 협설측 너비는 3.0mm, 근원심 폭경은 2.0mm, 와연 우각은 90°가 되도록 형성하였으며 모든 내부선각(internal line angle)은 부드럽게 라운딩 시켰다. 또한 모든 실제 임상상황을 가능한 재현하고 실험치아의 와동형성 및 충진과정을 동일하게 하기 위해 동일한 형태로 실리콘인상재료에 마운팅하였다(Fig. 3). 이때 마운팅 재료가 와동의 finishing line을 침범하지 않도록 주의하였다. 또한 각각의 마운팅된 치아들은 Fig. 2와 같이 치아 와동 형성 및 와동 충진을 시행하기전 교정용 아크릴릭 레진으로 별도로 제작된 몰드(Fig. 1)에 적용하여 충진을 준비하였다.

실험치아들은 7개의 실험군으로 소분류한 다음 각 군당 10개의 치아씩 무작위로 선정하였다. 한편 사용재료와 관계없이 충진술식 방법에 따라 3개군으로 대분류하였다. 실험군 분류는 다음과 같다.

- 1군:P-60만으로 충전한 군(대조군)
- 2군:P-60과 Fuji-II LC를 사용하여 closed sandwich technique로 충진
- 3군:P-60과 Dyract Flow를 사용하여 closed sandwich technique로 충진
- 4군:P-60과 Filtek-Flow를 사용하여 closed sandwich technique로 충진
- 5군:P-60과 Fuji-II LC를 사용하여 open sandwich technique로 충진
- 6군:P-60과 Dyract Flow를 사용하여 open sandwich technique로 충진
- 7군:P-60과 Filtek-Flow를 사용하여 open sandwich technique로 충진

#### 2) 충진과정

##### ① 대조군(1군)

Fig. 4와 같이 Tofflemire retainer, metal matrix, wedge를 이용하여 외형을 형성한 다음 cavity cleanser (Bisco, USA)를 이용해 소독하고 건조시켰다. 제조사 지시에 따라 37% 인산으로 15초간 산부식 시행한 후 10초간 rinsing후 건조시킨다. 건조후 3M single bond adhesive를 상아질과 법랑질에 2번 연속해서 도포한다, 다시 5초간 서서히 건조시킨 후 10초간 광중합을 시행한다. 접착시스템을 적용한 후 복합레진(P-60)으로만 2급 와동을 3-sited technique로 주의 깊게 충진하고 각각 20초간 광중합을 시행한다. 이후 Tofflemire retainer, metal matrix, wedge를 제거하고 협면과 설면에서 각각 20초간 추가로 광중합 하였다.

##### ② Closed sandwich technique

###### i) 레진변형 아이오노머(Fuji-II LC)(2군)

제조사의 지시에 따라 10% polyacrylic acid가 주성분인 dentin conditioner(Ketac<sup>®</sup>-Conditioner)로 20초간 식각시킨 뒤 수세건조 하고 Fuji-II LC(GC Co., Japan)를 Fig. 5와 같이 치수축벽(axiopulpal wall)에 약 1mm 두께로 베이스로 형성한 후 40초간 광중합 하였다. 이때 베이스 재료가 와연우각에 존재하지 않도록 주의하였다. 베이스 형성후 모든 레진변형 아이오노머와 법랑질변연은 산부식시키고 치경부의 상아질도 부식시켰다. 이후의 복합레진 충진술식은 1군과 동일하게 하였다.

###### ii) 고흐름성 콤포머(Dyract Flow)(3군)

제조사의 지시에 따라 와동 내를 37% 인산을 이용하여 15초간 식각시킨 후 10초 동안 충분히 세척하고 3초간 건조시켰다. 그 다음 Prime-Bond NT를 와동 표면에 도포하고 20초 동안 기다린 후 공기건조시키고 10초간 광중합

하였다. Fig. 5와 같이 콤포머를 글래스 아이오노머와 동일하게 베이스로 적용 후 40초간 광중합 하였다. 모든 콤포머와 범랑질변연은 산부식시키고 치경부의 상아질도 부식시켰다. 이후의 복합레진 충전술식은 1군과 동일하게 하였다.

iii) 고흡습성 복합레진(Filtek Flow)(4군)

제조사 지시에 따라 37% 인산으로 15초간 산부식 시행한 후 10초간 수세 후 건조시킨다. 건조 후 3M single bond adhesive를 상아질과 범랑질에 2번 연속해서 도포한다. 다시 5초간 서서히 건조시킨 후 10초간 광중합을 시행하였다. 고흡습성 복합레진인 Filtek Flow를 베이스로 적용한 후 20초간 광중합 하였다. 이후 와동에 추가적인 접착시스템 적용없이 P-60적용한 후 광중합 하였다.

③ Open sandwich technique

i) 레진변형 아이오노머(Fuji-II LC)(5군)

제조사 지시에 따라 10% polyacrylic acid가 주성분인 dentin conditioner(Ketac<sup>®</sup>-Conditioner)로 20초간 식각시킨 뒤 수세건조 하고 Fig. 6과 같이 Fuji-II LC(GC Co., Japan)를 와동의 치은저에 두께 2mm 로 와연우각을 포함하여 충전 후 40초간 광중합 하였다. 베이스 형성후 모든 레진변형 글래스아이오노머와 범랑질 변연은 산부식 시키고 치경부의 상아질도 부식시킨다. 이후의 복합레진 충전술식은 1군과 동일하게 하였다.

ii) 고흡습성 콤포머(Dyract Flow)(6군)

3군과 동일한 방법으로 와동처리한 후 고흡습성 콤포머인 Dyract Flow를 와동의 치은저에 두께 2mm로 와연우각을 포함하여 충전후 40초간 광중합 하였다. 베이스 형성후 모든 레진변형 아이오노머와 범랑질 변연은 산부식 시키고 치경부의 상아질도 부식시켰다. 이후의 복합레진 충전술식은 1군과 동일하게 하였다.

iii) 고흡습성 복합레진(Filtek Flow)(7군)

37% 인산으로 15초간 산부식 시행한 후 10초간 rinsing 후 건조시켰다. 건조 후 3M single bond adhesive를 상아질과 범랑질에 2번 연속해서 도포하고, 다시 5초간 서서히 건조 시킨 후 10초간 광중합을 시행하였다. 고흡습성 복합레진인 Filtek Flow를 와동의 치은저에 두께 2mm로 와연우각을 포함하여 충전 후 20초간 광중합 하였다. 이후 와동에 추가적인 접착시스템 적용없이 P-60적용한 후 광중합 하였다. 이후 Tofflemire retainer, metal matrix, wedge를 제거하고 헐면과 설면에서 각각 20초간 추가로 광중합 하였다.

3) 수복물연마

Cabide bur 또는 diamond finishing bur를 이용하여 복합레진을 다듬고 Soflex disk(3M Co.,USA) 및, polishing point paste(Enhance,Caulk, USA)를 이용하여 연마하였다.

4) Thermocycling

연마가 종료된 모든 시편은 37℃ 생리식염수에 7일간 보관하였다.

모든 시편은 보관 7일후 thermocycling unit에 넣고 5℃와 55℃에서 각각 30초 동안 침적시키는 방법으로 총 500회의 thermocycling을 시행하였다.

5) 색소침투

충전물과 변연에서 1mm 떨어진 부위를 제외한 치면을 내산성의 nail varnish로 2회 도포하여 충분히 건조시킨 후 치아를 2% 메틸렌 블루에 침적시켜 실온에서 24시간동안 보관하였다. 치아를 꺼내어 흐르는 물에 1시간동안 세척하고 생리식염수에 24시간동안 보관하였다.

6) 평가방법

색소침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건조한 다음, 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 Diawheel (SBT tech Inc.,USA)로 충전물의 협설면을 정중부의 각각을 원심방향으로 절단하여 누출의 정도를 치경부측과 재료간 계면으로 나누어 평가하였으며 이때 관찰자는 실험에 관계없는 사람으로 하였다.

누출의 평가방법은 다음과 같다.

치경부측 변연(상아질에 한함)

0 = 어떠한 색소의 침투도 없음

I = 인접면와동의 mesiodistal depth의 1/2에 침윤이 일어남

II = gingivoaxial line angle에까지 침윤이 일어남

III = pulpoaxial line angle의 일부에 까지 침윤이 일어남

IV = pulpoaxial line angle의 전체에 침윤이 일어남

재료간 접촉부위의 계면

0= 어떠한 색소의 침투도 없음

I = 인접면와동의 mesiodistal depth의1/2에 침윤이 일어남

II = pulpoaxial line angle에 까지 침윤이 일어남

III = pulpoaxial line angle를 넘어 침윤이 일어남

미세누출의 관찰은 치경부와 교합면으로 나누어 시행하고

상의 획득은 stereoscope(Olympus, Japan)와 이에 부착된 CCD 카메라(Toshiba., Japan)를 이용하였으며, Photoshop(Adobe sys., USA)에서 관찰하였다.

### 3. 통계분석

각 군에서 미세누출의 유의성을 검증하기 위해서 얻어진 자료는 Jandel(USA)사의 Sigmastat. ver.2.0을 사용해 비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis를 시행하여 유의성을 검정하고 각 군간 비교는 Student-Newman-Keul method 및 Dunn's method를 사용하였다.

## Ⅲ. 실험 결과

각 군당 10개의 와동을 형성하고, 충전재료 및 충전방법에 따른 미세누출의 정도를 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

각 실험군의 미세누출정도는 Table 1과 같다(Fig. 11-17 참조). Table 4에 나타나있듯이 7개군 중 레진변형 글래스 아이오노머를 사용하여 closed sandwich technique으로 충전한 2 군에서 가장 적은 미세누출을 보였으며, Dyract flow를 사용해 open sandwich technique으로 충전한 6 군에서 가장 큰 미세누출정도를 나타내었으며, closed sandwich technique으로 충전한 2 군, 3 군, 4 군이 각각 대조군인 1 군에 비해 감소된 미세누출을 보였으며 반대로 open sandwich technique으로 충전한 5 군, 6 군, 7 군은 1 군에 비해 증가된 미세누출을 보였다. Table 5와 같이 Fuji-II LC, Dyract flow 및 Filtek flow를 사용하여 closed sandwich technique으로 충전한 3 군, 4 군 및 5 군에서 대조군인 P-60만으로 충전한 1 군에 비해 통계학적

으로 유의성 있게 감소된 미세누출을 나타내었다(p<0.05). 반면 open sandwich technique으로 충전한 6 군, 7 군에서는 1 군에 비해 통계적으로 유의성 있게 높게 증가된 미세누출을 보였다(p<0.05).

Table 2의 각 재료별 미세누출 차이에서는 충전술식과 관계없이 레진변형 글래스아이오노머인 Fuji-II LC를 사용한 군에서 가장 적은 미세누출이 관찰되었으며 Filtek flow, Dyract flow, P-60 순으로 증가된 미세누출을 보였으나 통계학적 유의차는 없었다.

충전술식간의 미세누출정도는 Table 3와 같으며 Fig. 8-10에서 보여지듯이 충전재료에 관계없이 좌측의 open sandwich technique으로 충전한군이 우측의 closed sandwich technique으로 충전한 군보다 현저히 증가된 미세누출을 관찰할 수 있었다. Table 6에서 보여지듯이 closed sandwich technique으로 충전한 2 군, 3군, 4군에서 가장 적은 미세누출을 보였으며 total bond restoration(1군), open sandwich technique(5 군, 6 군, 7 군)의 순으로 통계적으로 유의성 있게 높게 증가된 미세누출을 보였다(p<0.05)(Fig. 7-10 참조). 이 때 closed sandwich technique(2 군, 3군, 4군)과 open sandwich technique(5 군, 6 군, 7 군)사이에는 통계학적으로 유의성이 존재하였다(Table 7 참조)

각 재료간 계면에서는 어떠한 미세누출도 관찰되지 않았다

Table 1. 각 군의 미세누출

score	Gingival					total
	0	1	2	3	4	
1군	0	2	5	2	1	10
2군	1	8	1	0	0	10
3군	3	3	2	2	0	10

Table 2. 재료간 미세누출 및 평균 순위(Mean rank)

score	0	1	2	3	4	total	Mean rank
복합레진(1군)	0	2	5	2	1	10	40.40
레진변형글래스 아이오노머(2군+5군)	1	11	4	4	0	20	28.83
고흐름성 콤포머(3군+6군)	3	4	2	7	4	20	40.20
고흐름성 복합레진(4군+7군)	1	9	3	4	3	20	35.03

p>0.05

**Table 3.** Open sandwich vs Closed sandwich

score	0	1	2	3	4	total
복합레진 만으로충전	0	2	5	2	1	10
closed sandwich	5	18	5	2	0	30
open sandwich	0	6	4	13	7	30

**Table 4.** 각군의 평균순위(Mean Rank) Kruskal-Wallis Test

Group	N	Mean Rank
1군	10	38.85
2군	10	17.95
3군	10	23.95
4군	10	19.85
5군	10	45.55
6군	10	54.40
7군	10	47.95
total	70	

**Table 5.** 각 군간 유의성 검정(Student-Newman-Keul method)

	2군	3군	4군	5군	6군	7군
1군	*	*	*		*	*

Significant difference at  $p < 0.05$

**Table 6.** 충전술식에 따른 각 군의 평균순위(Mean rank) (Kruskal-Wallis Test)

Group	N	Mean Rank
total bond Restoration(1군)	10	38.50
closed sandwich tech.(2,3,4군)	30	20.58
open sandwich tech.(5,6,7군)	30	49.42
total	70	

**Table 7.** 충전술식에 따른 각 군간 유의성 검정(Dunn's method)

	total bond Restoration(1군)	closed sandwich tech.(2,3,4군)	open sandwich tech.(5,6,7군)
total bond Restoration(1군)			
closed sandwich tech.(2,3,4군)			
open sandwich tech.(5,6,7군)		*	

Significant difference at  $p < 0.05$

#### IV. 총괄 및 고찰

접착성 심미수복재료는 여러 부분에서 많이 사용되고 있지만, 아직까지 많은 문제점을 가지고 있으며, 그중 미세누출이 임상적으로 가장 큰 단점으로 여겨지고 있다. 이러한 접착성 수복물에서의 미세누출 발생은 2차 우식과 술후 민감성의 증가, 그리고 치수과사 등으로 이어지며 이는 궁극적으로 수복물의 실패를 의미한다. 이러한 미세누출은 모세혈관 현상, 변연파절 그리고 계면 압력의 변화, 치질과 다른 온도에 따른 수축과 팽창을, 중합시의 재료의 수축 등에 의해 발생되며<sup>11)</sup> 구치부 사용시 대부분의 문제점은 중합수축에서 야기되는 변연 미세누출로부터 일어난다.<sup>12)</sup>

이러한 변연미세누출을 방지하기 위해 여러 가지 방법들이 제시되고 있는데 우선 제시된 방법은 다단계 분층충전(layering)방법이다<sup>13)</sup>. 이는 한 회에 중합되는 복합레진의 양을 줄여서 중합 수축되는 정도를 감소시키고 이를 통해 틈(gap)을 줄이고자하는 노력이다. 광중합 직후 약 전체 수축의 약 70~85%가 발생하며 광중합 이후 5분 이내 전체 수축의 90~95%가 발생한다고 보고된 바(Sakaguchi 등 1992, Unterbrink 1988), 이는 연속적인 분층충전을 시행함에 있어 마지막 층을 적용시킬 때도 아직 첫 번째 층은 수축이 진행되고 있으므로 결국 약간의 체적수축은 발생할 것이며 이러한 수축은 다시 C-factor와 Volume에 의해 결정된다. 따라서 매우 크거나 깊은 와동을 직접법으로 복합레진을 사용해 수복할 때 이러한 일련의 과정은 이후 수복

물에 일어나는 문제의 원인이 될 수 있다. 하지만 수축의 대부분은 다음 층의 적층(incrementation) 전에 이미 발생하기 때문에 분층충전(layering)은 여전히 수축응력과 수축율을 감소시키는 유효한 요소라 할 수 있다. 이러한 사실을 고려할 때 구치부 수복용 복합레진의 제조자들이 추천하는 단일충전(bulk placement)술식은 아직 더 연구가 필요하다 사료된다.

그 다음 제시된 방법은 복합레진이 광조사되는 방향으로 수축하는 원리를 이용한 것으로 분층 충전을 하되, 치경부층의 복합레진을 광조사할 때, 광전달 썸기 또는 conical light tip을 이용하는 것이다. 광전달 썸기를 사용하게 되면 빛의 방향이 수복물의 치경부 하방에서부터 수복물 쪽으로 비춰지기 때문에 복합레진의 중합방향이 치경부 변연쪽으로 향하게 되어 미세누출을 감소시킬 수 있다고 하는 이론이다. 복합레진을 중합할 때 광중합 재료들이 빛을 향해 수축하는 이러한 이론의 근거는 복합레진의 깊은 부위보다 광원에 가까운 표면부위가 에너지가 높다는 것이다. 복합레진의 내부에서의 빛의 흡수와 반사는 에너지 경사를 창출하며 이 에너지 경사가 광원에 가까울수록 더 빠른 중합을 발생시키는 것으로 여겨진다. 결과적으로 표면층이 먼저 중합되며, 깊은 부위의 여전히 유동성인 복합레진의 체적수축은 이미 만들어진 경계를 향하여 발생하므로 복합레진의 광중합은 빛을 향한 재료의 수축을 발생시킨다고 주장되었다. 하지만 Unterbrink와 Muessner<sup>14)</sup>는 충분한 강도의 빛이 주어지면 2mm 이하의 복합레진층에서는 에너지경사는 관련이 없으며 수축방향은 빛의 위치와 독립적이라고 주장하였다. 아직도 이러한 수많은 상반되는 자료가 상존하며 이는 아마 주제의 복잡성에 기인한다 하겠다. 1992년에 De Goes 등<sup>15)</sup>은 광전달 썸기는 광중합기에서 나오는 에너지의 8%만을 복합레진을 향하여 전달한다고 보고하였고, 이는 빛의 강도가 매우 줄어들음을 의미하는데 이 경우 중합은 치아와 복합레진과의 계면에서 시작되는 반면 광원에서 멀리 떨어진 복합레진층의 상부는 충분히 중합되지 않을 것이다. 하지만 이 부분 역시 두 번째, 세 번째 복합레진 분층의 광중합시 나중에 충분히 중합될 것이며 이러한 낮은 빛 에너지는 낮은 중합속도와 더 연장된 pre-gel 상태를 의미하므로 바꾸어 말하면 이는 더 오래 유동성 상태를 허용하며 수축보상을 나타낼 수 있다는 것을 의미할 수도 있다.

이와 관련하여 본 연구에서 시행된 분층충전시 가장 하방에 사용된 2mm 두께의 extend base(open sandwich)층이 광중합시 와동의 변연 또는, 경계로부터 멀리 떨어진 곳을 향하여 수축되는 것이 가능하기 때문에 다른 충전 방법과 비교하여 미세누출이 큰 결과가 나오는 원인이 되지 않았나 사료된다. 이 경우 첫 번째 층은 매우 얇게 충전하는 것이 중요한데 volume과 C-factor가 매우 낮게 되기 때문에 미세누출에 가장 큰 영향을 미치는 첫 번째 층이 가능한

응력 없이 중합되도록 하고 나머지 분층을 적용하는 것이 바람직하다. 또한 투명 매트릭스와 광전달 썸기는 가시광이 다양한 방향에서 도달된다는 장점이 있으나 얇은 금속매트릭스 보다 두텁고 견고성이 결여되어 인접치와의 접촉부를 재현하기 어렵다는 단점이 있고 최근의 논문에서 투명매트릭스와 금속매트릭스간의 미세누출 차이는 거의 비슷한 것으로 보고되고 있으므로 본 연구에서는 장착이 용이하고 형태가 잘 유지되며 burnishing이 가능한 금속 매트릭스를 사용하였다.

또 다른 방법으로는  $\beta$ -quartz나 PPF(Pre-polymerized filler)를 함유한 복합레진 등을 사용하여 레진의 체적을 줄여 그 중합수축의 양을 줄이며, 또한 접촉부 형성에 도움을 주기 위한 방법으로 수복물의 마모에 영향을 주지 않으면서 교두응력을 감소시킨다. 하지만 시술민감도가 크고 삽입체와 레진간의 접착이 의심되는 단점이 있다.

레진의 체적을 줄이기 위한 또 다른 방법으로 sandwich restoration techniqu을 들수 있는데 이는 오랜 기간동안 비교적 그 효과가 입증된 술식이며, 본 실험에서도 레진 강화형 글래스아이오노머 시멘트를 liner로 closed sandwich Technique을 사용해 복합레진 하방에 적용시켰을 때 우수한 접착을 나타내어 이러한 주장을 부분적으로 뒷받침하였다 하겠으나 글래스 아이오노머와 레진간의 접착력과 각 재료와 치질간의 접착력차이로 인한 미세누출이 염려되며, 또한 접촉부 형성에 도움을 주지 못할 뿐 아니라 긴 시술시간, 시술의 어려움, 오염 기회의 증가 등의 단점을 가진다.

1985년 Mclean에 의해 3급과 5급 와동에서 글래스 아이오노머 시멘트와 복합레진을 함께 사용한 적층술식(샌드위치 충전술식)의 개념이 처음 소개된 이후 많은 논문에서 복합레진을 레진 변형 글래스 아이오노머, 콤포머와 함께 사용한 in-vitro 실험을 통해 미세누출 및 물리적 성질의 향상을 보고하였다<sup>10,16-20)</sup>. 또한 최근에는 고희름성 복합레진을 liner 혹은 base로 사용하여 미세누출의 감소를 보이는 논문들이 보고되고 있으며<sup>21,22)</sup>, 2000년 Estafan 등<sup>24)</sup>에 따르면 고희름성 복합레진과 일반 복합레진을 구치부의 2급 와동에 충전 후 미세누출을 관찰하여 누출의 양이 유사함을 보고하였다. 1994년 Hotta와 Aono<sup>19)</sup>는 제 2급 와동에서 글래스 아이오노머 시멘트를 백악-법랑경계부(CEJ) 까지 이장재로 충전한 후 복합레진을 충전한 결과 미세누출이 감소하였음을 보고하였고, 1996년 Aboushala 등<sup>23)</sup>은 글래스 아이오노머 시멘트를 와동의 변연부까지 연장하여 충전한 후, 나머지 와동부분을 복합레진으로 충전했을 때 미세누출이 감소하였다고 보고하였다. 그러나 1988년 Shortall과 Asmussen<sup>24)</sup>와 1992년 Hirshfeld 등<sup>16)</sup>은 글래스 아이오노머 시멘트를 제2급 와동에서 이장재로 사용하였을 때 약한 물리적 성질로 인해 상아질에서 결합성 파절이나 이장재내에서 응집성 파절양상을 보여 미세누출을 감소시킬 수 없다

고 주장하였으며 1995년 Dietschi 등<sup>25)</sup>은 구치부 2급외동에서 closed sandwich technique에서 liner로 재래식 글래스아이오노머를 사용하는것이 레진변형 글래스아이오노머보다 미세누출이 감소하였음을 보고하였고 이는 글래스아이오노머와 상방의 복합레진 사이에 free space가 생김으로 해서 오히려 c-factor를 증가시키고 상방의 복합레진의 중합수축시 하방의 liner에 대한 당김 현상을 방지하기 때문이라고 주장하였다. 1998년 Rodrigues 등<sup>18)</sup>은 compomer를 제2급 외동에서 이장재로 사용하였을 때 레진 변형 글래스 아이오노머 시멘트를 사용하였을 때와 비슷한 미세누출 감소효과를 보였다고 보고하였다. 이러한 compomer는 적어도 두 가지 면에서 글래스 아이오노머와 다른데, 첫째는 글래스 입자가 레진기질과 직접적인 결합을 위해 부분적으로 실레인 처리가 되어 있다는 것이고, 둘째는 기질이 단량체들의 광활성 중합작용에 의해 형성된다는 것이다. 이러한 monomer는 변형된 methacrylates와 연속적인 carboxylic group과 이중접착기능을 포함하는 새로운 bifunctional monomer로 이루어져 있다<sup>26)</sup>. 특히 제조회사에 따르면 bifunctional monomer는 광중합과 물의 작용에 의해 글래스입자에서 방출된 이온을 이용한 산-염기 중합반응에 의해 methacrylates가 연속적으로 반응하게 함으로써, 이론적으로 위 두 가지 반응에 의해 형성된 3차원적인 구조가 공유결합과 이온결합을 이루게 된다고 보고하고 있다<sup>27)</sup>.

본 연구결과에서 liner/base와 상방의 복합레진사이의 계면에서는 재료와 상관없이 어떠한 군에서도 미세누출이 발견되지 않았다. 이는 liner/base로 사용된 고흐름성의 복합레진은 물론이고 레진 변형 글래스 아이오노머, 콤포머 모두 레진성분을 포함하고 있으며 이들간의 공유결합으로 충분한 접착이 이루어 질수 있기 때문인 것으로 판단된다<sup>28-31)</sup>.

1988년 Knibbs 등<sup>32)</sup>은 in vivo에서 영구치에 사용된 closed sandwich technique과 Open sandwich technique을 2년간 조사한 결과 closed sandwich technique이 더 우수한 결과를 보였다고 보고하였다. 하지만 유치를 대상으로 한 1994년의 Reid<sup>33)</sup>의 연구에 따르면 오히려 closed sandwich technique로 충전한 군에서 가장 큰 미세누출을 보였으면 반대로 open sandwich technique로 충전한 군에서 가장 작은 미세누출을 보였다고 보고하였다.

본 연구 결과에서 충전 술식간의 미세누출차이에서 가장 작은 미세누출을 보인 것은 closed sandwich technique이었으며 open sandwich technique은 오히려 복합레진만으로 total bond restoration으로 충전한군 보다도 더 큰 미세누출을 보였는데 이는 여러 가지 이유로 설명이 가능할 수 있겠다. 우선 open sandwich technique에서 치은 외동저에 위치시킨 베이스의 두께를 약 2mm로 적용시켰는데 이는 복합레진의 분층충전시 각 층의 권장 두께인 1.5~

2.0mm를 참고하였으며<sup>19)</sup> 아울러 실제 임상 적용시 시술의 단순성과 시술시간의 단축성을 고려하였다. 하지만 이는 분층 충전시 가장 첫 층의 두께를 0.5~0.8mm로 권장하는 최근의 보고에 비해 상당히 크지 않았나 사료되며 따라서 이로인해 중합시 부피변화(3.6~6.0%)가 컸고 고흐름성 재료의 특성상 광도 민감성이 낮으며 글래스아이오노머를 제외하고는 "dark curing"이 이루어지지 않는 콤포머<sup>34)</sup>와 복합레진을 베이스로 사용함으로써 미세누출이 더욱 커졌다고 사료된다.

고흐름성의 재료를 closed sandwich 방법으로 사용하거나 open sandwich 방법으로 구치부용 복합레진의 하방에 적용하여 사용하는 것은 C-factor와 volume 그리고 modulus of elasticity를 치과의사가 가능한 조절하고자하는 노력이라 할 수 있다. C-factor는 충전된 외동에서의 접착면과 비접착면사이의 관계로서 적은 C-factor를 가질수록 작은 내부응력을 나타나게 된다. 이러한 내부응력이 작은 것은 단량체의 변환(Monomer Conversion)으로부터 일어나는 수축력과 복합레진이 접착면으로부터 이탈되려고 하는 힘 사이의 경쟁이 크지 않다는 것을 의미한다. 탄성율(modulus of elasticity), 즉 stiffness는 복합레진의 중요한 매개변수이나 수축에 관해 논할 때 이를 쉽게 간과하는 경향이 있다. 또한 응력(stress)은 계면접착의 성공과 실패를 결정하는 결정적인 기준이며 수축은 응력과 동일 개념은 아니다.

Hook의 법칙에 의하면 응력, 수축, 탄성율 사이에는 다음의 관계가 존재한다.

응력(stress or force) = 크기변화(수축) 탄성율(stiffness)

이는 즉, 접착시스템에 가해지는 응력은 수축율과 탄성율의 곱이다. 이상의 방정식에서 stiffness의 관찰 없이 수축을 고려하는 것은 어떤 연관성 있는 정보를 제공하지 못한다. 잘 알려져 있듯이 광중합을 중단한다고 수축이 종료되는 것이 아니므로 수축이 완성된 이후에 수치상으로 낮지만 비율적으로 높은 수축이 발생하게 된다. 이러한 점은 외동의 응력 발생에 있어 stiffness의 영향을 강조한다. 실질적으로 수축응력과 수축과는 상호 관련성이 없으나 수축응력과 탄성율과는 큰 관련성이 존재한다<sup>35,36)</sup>. 그러므로 필러가 다량 함유된 복합레진, 특히, 구치부용 복합레진은 수축을 감소시키며 동시에 stiffness는 증가시킨다. 따라서 탄성율과 필러함유량은 최대의 수축응력과 그 비율을 예상할 수 있게 한다.

이번 연구에서 낮은 탄성율(Modulus of Elasticity)의 재료를 사용한 것은 접착시스템의 탄력성을 증가시켜 응력 차단제(Stress Breaker)로써 이용코자 함이었다. 이러한 탄성율과 수축응력의 관련성을 고려하면 Low-modulus 복합레진이 선호되는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 아울러 교합하중에 견딜 필요가 없는 수복물에 있어서 이러한 재료



의 선택은 올바르다. 게다가 이러한 고흡습성을 갖는 재료는 뛰어난 범랑질과 상아질에 대한 적습성(potential of wetting) 및, 미세한 표면결함(microscopic defect)으로의 흡습성을 가지며 따라서 이론적으로 이러한 낮은 탄성율을 갖는 재료를 구치부 수복용 복합레진(packable composites)과 복합 사용시 상방의 packable composites이 중합될 때 나타나는 수축응력을 하방의 낮은 탄성계수의 재료가 퍼지거나 늘어남으로써 보상할 수 있으며 궁극적으로 stress breaker로써 작용할 수 있게 된다<sup>26)</sup>. 또한 교합 stress bearing 부위에서는 높은 탄성율을 가진 복합레진을 선택할 때 장기간의 변연의 안정성과 하중에 대한 피로를 최소화할 수 있다.

와동 형성시 이번 연구에서는 일종의 변형된 2급 와동인 simple-box 형태로 디자인 하였는데 이는 복합레진의 구치부 수복시 수복물의 내구성을 위해선 가능한 작게 와동의 크기를 해야한다는 지침을 참고하였다<sup>4)</sup>. 물론 이런 개념은 전치부나 구치부에서 모두 적용가능하나 특히 1급, 또는 2급와동 형성시 더욱 중요하다. 대합치의 교두가 수복물의 마모율과 변연의 붕괴를 가속화 시키므로 isthmus의 너비 등은 가능한 최소로 와동을 형성하는 것은 중요한 문제라 할 수 있다<sup>2)</sup>. 그러므로 열구가 우식에 이환되지 않았다면 와동형성시 포함시키지 않는다. 이렇게 함으로써 가능한 대합되는 교두가 건전한 범랑질과 접촉되게 해주었다.

이번 연구에서 closed sandwich restoration technique이 total bond restoration과 open sandwich restoration technique에 비해 현저히 낮은 미세누출을 보였으나 "단일 구조물"의 원칙에서 볼 때 이러한 다양한 물리적 성질을 갖는 재료들간의 복합사용은 in-vitro 실험에서 다양한 구강 내 하중을 재현하기 어려운 한계를 가지므로 장기간의 in-vivo 연구가 반드시 함께 수반되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

1. 모든 실험 군에서 정도의 차이는 있으나 모두 치경부에서 미세누출을 보였으며 어떠한 재료간 계면에서도 미세누출은 관찰되지 않았다.
2. Fuji-II LC와 Filtek Flow를 이용해 closed sandwich technique으로 충전한 군이 P-60만으로 충전한 군보다 유의하게 낮은 미세누출을 보였으며(p<0.05), Dyract Flow를 사용해 open sandwich technique으로 충전한 군은 P-60만으로 충전한 군보다 유의하게 증가된 높은 미세누출을 나타내었다(p<0.05).
3. Closed sandwich technique으로 충전한 군(2, 3, 4 군)이 P-60만으로 total bond restoration으로 충전한 대조군(1 군)과 open sandwich technique으로 충전한 군(5 군, 6군, 7군)보다 유의하게 낮은 미세누출을 보였

으며 open sandwich technique으로 충전한 군은 대조군(1 군)보다 유의하게 증가된 높은 미세누출을 나타내었다(p<0.05).

4. Fuji-II LC를 사용한 적층술식이 P-60만으로 충전한 군과 Dyract Flow 및 Filtek Flow로 충전한 군 보다 낮은 미세누출을 나타내었으나 통계학적 유의성은 없었다.

이상의 결과로 볼 때 구치부의 깊은 와동에서 구치부 수복용 복합레진과 함께 낮은 탄성율을 가지는 재료를 liner로 사용하는 closed sandwich restoration technique은 구치부 수복용 복합레진만으로 충전한 total bond restoration technique에 비해 미세누출의 현저한 감소를 보이므로 임상적으로 추천할 만하다. 이때 liner로 사용된 종래의 글래스 아이오노머에 비교해서 콤포머와 고흡습성 복합레진간의 미세누출의 통계학적 유의차가 없었으므로 다양한 재료의 임상적 적용이 가능하다 하겠다.

## 참고문헌

1. Cirm GA, Kenneth WC: Reducing microleakage in class II restorations: An in vitro study. Quintessence Int 1994;25:781-5.
2. Niek JMO, Joost JMR, Rob CWB: Microleakage of class II box-type composite restoration. American journal of Dentistry 1998;11(4):160-4.
3. Borgmeier PJ, Kreulen CM, van Amerongen WE, Akerboom HBM, Gruythuysen RJM: The prevalence of postoperative sensitivity in teeth restored with Class II composite resin restorations. J Dent for Children 1991;Sep-Oct:378-83.
4. Leinfelder KF, Bayne SC, Swift jr EJ: Packable Composites: Overview and technical considerations. J Esthet Dent 1999;11:234-49.
5. Opdam NJM, Roeters FJM, Feilzer Aj, Verdonshot EH: Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class II resin composite restorations in vivo. J Dent 1998;26(7):555-62.
6. Manhart J, Chen HY, Hickel R: The suitability of Packable resin-based composites for posterior restoration. JADA 2001;132:639-45.
7. Tung FF, Estafan D, Scherer W. Microleakage of condensable resin composites: An in Vitro Investigation. Dental Research 2000;31:430-4.
8. Leinfelder KF, Radz GM, Nash RW: A report on a new condensable composite resin Compendium 1998: 19(3):230-7.
9. Leinfelder KF: New development in resin restorative system JADA 1997;128(5):573-81.
10. Crim GA, Chapman KW: Reducing Microleakage in Class II restoration: An in vitro study. Quintessence international 1994;25:781-5.
11. Darbyshire Pa, Messer Lb, Douglas WH: Microleakage in Class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. J Dent Res 1988;67(3):585-7.
12. Prati C, Tao L, Simpsont M, Pashley DH: Permeability and microleakage of class II resin composite restora-

- tion. *J Dent* 1994;22(1):49-56.
13. Tjan AHL, Bergh BH, Lidner C. Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restoration. *J Prosthet Dent* 1992;67:62-6.
  14. Unterbrink GL, Muessner R: Influence of light intensity on two restorative system. *J Dent* 1995;23(3):183-9.
  15. De Goes MF, Rubbi E, Baffa O, Panzeri H: Optical transmittance of curing reflecting wedges. *Am J Dent* 1992;5(2):78-80.
  16. Hirschfeld Z, Frenkel A: Marginal leakage of class II glass ionomer-composite resin restorations: An in vitro study. *J Prosthet dent* 1992;67:148-53.
  17. Dietrich TH, Losche AC, Losche GM: Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in class II with cervical margins in dentine. *J Dent* 1999; 27:119-128.
  18. Rodrigues JA: In vitro microleakage of glass ionomer composite resin hybrid materials. *Operative Dentistry* 1999;24:89-95.
  19. Hotta M, Aono M: Adaptation to the cavity floor of the light-cured glass ionomer cement base under a composite restoration. *J of oral Rehabilitation* 1994;21:679-685.
  20. Aboushala A, Kugel G, Hurley E: Class II composite resin restorations using glass ionomer liners: microleakage studies. *J Clin Pediatr Dent* 1996;21:67-71.
  21. Leevailoj C, Cochran MA, Matis BA, Moore BK, Platt JA: Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Operative Dentistry* 2001;26:302-7.
  22. Estafan AM, Estsfan : Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compendium* 2000;21(9) :705-11.
  23. Estafan AM, Estsfan : Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compendium* 2000;21(9) :705-11.
  24. Shortall A, Asmussen E: Influence of dentin-bonding agents and a glass ionomer the cervical marginal seal of class II composite restorations. *J Dent Res* 1988;26:590-4.
  25. Dietschi D, De Siebenthal G, Neveu-Rosenstand L: Influence of restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal adaptation of resin composite class II restorations: An In vitro evaluation. *Quintessence Int* 1995;26:717-27.
  26. Lim CC, Neo J, Yap A: The influence of finishing time on the marginal seal of a resin-modified glass ionomer and polyacid-modified resin composite. *J Oral Rehabil* 1999;26:48-52.
  27. Meyer JM, Cattani-Lrente MA, Dupuis V. *Compomer*: Between glass ionomer cements and composite resins. *Biomaterials*. 1988;19:529-39.
  28. Hinoura K, Moore BK, Phillips RW: Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins. *JADA* 1987;114:167-72.
  29. Li J, Liu Y, Liu Y, S remark R, Sundstr m F: Flexure strength of resin-modified glass ionomer cements and their bond strength to dental composites. *Acta Odontol Scand* 1996;54:55-8.
  30. Mangum FL, Ebb AB, Udayan K, Parikh BS, David L: Optima etchaing time of glass ionomer cemnet for maximum bond of composite resin. *JADA* 1990;120:535-38.
  31. Causton B, Sefton J, Williams A: Bonding class II composite to etched glass ionomer cement. *Br Dent J* 1987;163:321-6.
  32. Knibbs, P.J: *Glass ionomer cement: 10 years of clinical use*. *J Oral Rehabil* 1988:103-115.
  33. Reid JS, Saunders WP: An in-vitro investigation of microleakage and gap size of glass ionomer/ composite resin "sandwich" restoration in primary teeth. *J of dentistry for children* 1994; July-august:255-8.
  34. 치질의 보존과 치아수복. GJ Mount, WR Hume 공저, 노병덕 역, 나래출판사.
  35. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL: Relaxation of polymerization contraction shear stress by hydropscopic expansion. *J Dent Res* 1990;69(1):36-9.
  36. Aarnts MP, Akimade A, Feilzer AJ: Effect of filler load on contraction stress and volumetric shrinkage. *J Dent Res* 1999;78:3014.

## 사진부도 설명

- Fig. 1. 와동형성과 충전을 위해 2개의 인접한 동일한 형태의 음형을 갖는 몰드를 교정용 아크릴릭 레진을 이용하여 제작하였다.
- Fig. 2. 치아표본은 실리콘 러버 인상재상에 동일한 형태로 마운팅하여 몰드의 음형 양쪽 모두에 적용가능토록 하였다.
- Fig. 3. Box type의 2급와동 형성후의 모습
- Fig. 4. 마운팅한 치아표본을 몰드에 장착하고 와동형성 후 wooden wedge와 tofflemire retainer를 사용하여 외형을 형성한 모습
- Fig. 5. closed sandwich restoration의 단면 도해
- Fig. 6. open sandwich restoration의 단면 도해
- Fig. 7. P-60을 사용해 total bond restoration으로 충전한 군의 미세누출단면
- Fig. 8. Fuji-II LC를 사용해 closed sandwich restoration(우측)와 open sandwich restoration(좌측)으로 충전한 군의 미세누출 단면
- Fig. 9. Dyract flow를 사용해 closed sandwich restoration(우측)와 open sandwich restoration(좌측)으로 충전한 군의 미세누출 단면
- Fig. 10. Filtek flow를 사용해 closed sandwich restoration(우측)와 open sandwich restoration(좌측)으로 충전한 군의 미세누출 단면
- Fig. 11. 1군의 미세누출단면
- Fig. 12. 2군의 미세누출단면
- Fig. 13. 3군의 미세누출단면
- Fig. 14. 4군의 미세누출단면
- Fig. 15. 5군의 미세누출단면
- Fig. 16. 6군의 미세누출단면
- Fig. 17. 7군의 미세누출단면

사진부도 ①

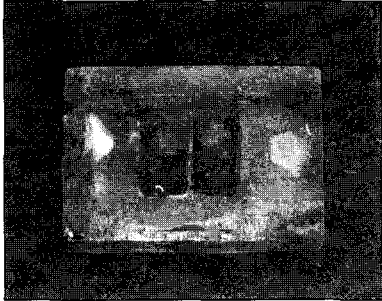


Fig. 1

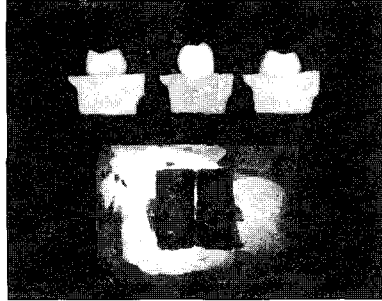


Fig. 2

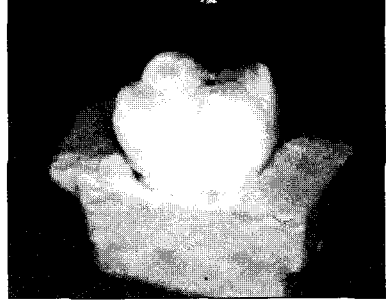


Fig. 3

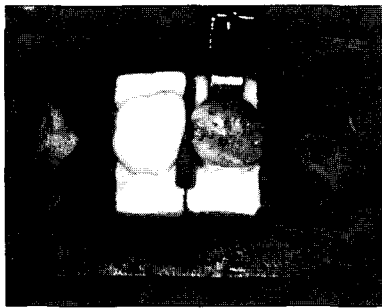


Fig. 4

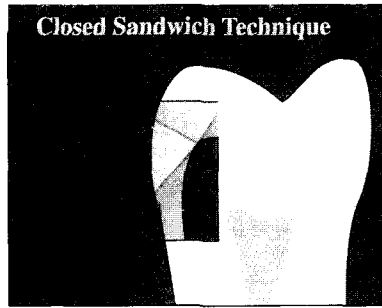


Fig. 5

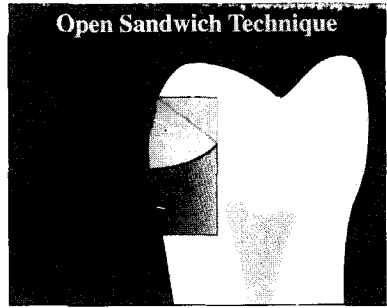


Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

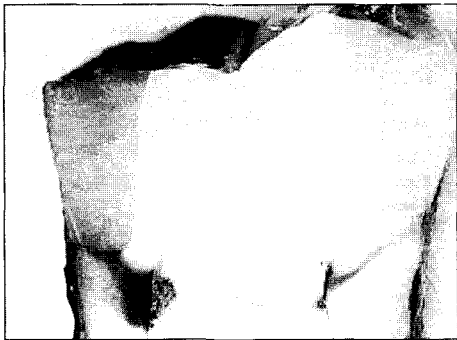


Fig. 9

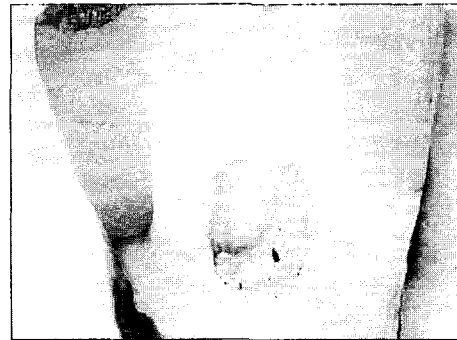


Fig. 10

사진부도 ②

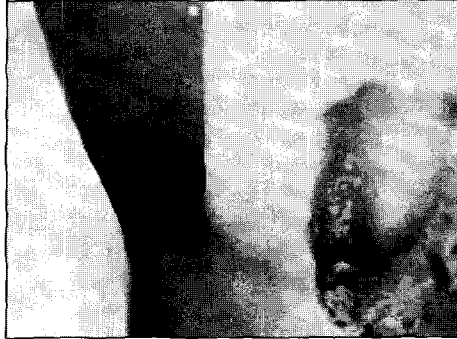


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16



Fig. 17