



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017년 2월  
박사학위논문

우식성 교합면 열구에서  
열구성형술이 유동성 레진의  
침투도와 미세누출에 미치는 영향

조선대학교 대학원

치 의 학 과

권 세 옥

우식성 교합면 열구에서  
열구성형술이 유동성 레진의  
침투도와 미세누출에 미치는 영향

Effect of fissure preparation on penetration and  
microleakage of flowable resin in cariogenic occlusal  
fissure

2017년 2월 24일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

권 세 옥

우식성 교합면 열구에서  
열구성형술이 유동성 레진의  
침투도와 미세누출에 미치는 영향

지도교수 이 상 호

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2016년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

권 세 옥

## 권세옥의 박사학위 논문을 인준함

위원장 전남대학교 교수 최 남 기 (인)

위 원 조선대학교 교수 김 수 관 (인)

위 원 조선대학교 교수 김 도 경 (인)

위 원 조선대학교 교수 이 난 영 (인)

위 원 조선대학교 교수 이 상 호 (인)

2017년 12월

조선대학교 대학원

## 목 차

영문초록 .....	iv
I. 서 론 .....	1
II. 연구 재료 및 방법 .....	4
III. 연구 결과 .....	10
IV. 총괄 및 고찰 .....	18
V. 결 론 .....	23
참고문헌 .....	24

## 표 목 차

Table 1. Distribution of samples according to the materials and application methods .....	6
Table 2. Scoring criteria according to penetration depth of flowable resin and dye .....	9
Table 3. Distribution of samples by the penetration scores .....	11
Table 4. Penetration scores according to flowable resin type .....	11
Table 5. Distribution of samples by the microleakage scores .....	13
Table 6. Microleakage scores according to flowable resin type .....	15

## 도 목 차

Fig. 1. Type of burs for fissure preparation .....	5
Fig. 2. Cross section of samples in bucco-lingual direction for evaluation of the penetration depth and the microleakage .....	7
Fig. 3. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the microleakage and the penetration depth of flowable resin. ....	8
Fig. 4. Comparison of penetration scores in Unifil <sup>®</sup> Flow groups .....	12
Fig. 5. Comparison of penetration scores in Filtek <sup>®</sup> Flow groups .....	12
Fig. 6. Comparison of microleakage scores in Unifil <sup>®</sup> Flow groups .....	14
Fig. 7. Comparison of microleakage scores in Filtek <sup>®</sup> Flow groups .....	14
Fig. 8. SEM image of sample without fissure preparation .....	16
Fig. 9. SEM image of fissure prepared with Fissurotomy <sup>®</sup> original bur ...	16
Fig. 10. SEM image of fissure prepared with Fissurotomy <sup>®</sup> Micro NTF bur .....	16
Fig. 11. SEM image of sample prepared with resin polishing bur .....	17
Fig. 12. SEM images of sample prepared with 1/2 round carbide bur .....	17



## Abstract

### Effect of fissure preparation on penetration and microleakage of flowable resin in cariogenic occlusal fissure

Kwon, Se-Ok, D.D.S

Advisor : Prof. Lee, Sang-Ho, D.D.S., Ph.D.

Department of Dentistry

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to compare and evaluate the effects of fissure preparation on penetration and microleakage of flowable resin in cariogenic occlusal fissure.

Two hundred extracted premolars with initial cariogenic pit and fissure were used. Fissure preparations with four types of bur (no preparation vs. Fissurotomy<sup>®</sup> Original bur, Fissurotomy<sup>®</sup> Micro NTF bur, Resin finishing bur and 1/2 round carbide bur) were performed. Two types of flowable resin (Unifil<sup>®</sup> Flow and Filtek<sup>®</sup> Flow) were applied. The teeth were embedded in an epoxy resin block, then dyed with methylene blue. All teeth were cut bucco-lingually to examine penetration and microleakage with a microscope.

Based on analysis of the results of penetration, fissure preparation with Fissurotomy<sup>®</sup> Original bur or 1/2 round carbide bur in Unifil<sup>®</sup> Flow

groups showed significant differences compared with the control group ( $p < 0.05$ ), and fissure preparation with 1/2 round carbide bur in Filtek<sup>®</sup> Flow groups showed significant difference compared with the control group ( $p < 0.05$ ). Moreover, there was significantly deeper penetration in Unifil<sup>®</sup> Flow groups compared with Filtek<sup>®</sup> Flow groups ( $p < 0.05$ ). Fissure preparation with Fissurotomy<sup>®</sup> Original bur or 1/2 round carbide bur showed less microleakage than control groups in Unifil<sup>®</sup> Flow groups and Filtek<sup>®</sup> Flow groups ( $p < 0.05$ ), but there was no statistically significant difference in two flowable resins.

## I. 서론

치아 교합면의 소와(pit) 및 열구(fissure)는 형태학적으로 복잡하여 세균과 음식물 잔사가 남아있기 쉽고 잇솔질 등의 물리적인 방법으로 깨끗이 닦기 어려우며 불소도포에 의한 예방효과도 크지 않아 치아우식증이 가장 발병하기 쉬운 부위이다<sup>1,2)</sup>. 교합면 우식증은 평활면 우식증과는 달리 육안으로 잘 보이지 않고, 우식이 열구 하방으로 빠르게 진행하기 때문에 교합면 우식증의 조기 진단 및 치료가 매우 중요하다<sup>2,3)</sup>.

교합면 우식증의 전통적인 치료법은 우식 치질 뿐 아니라 주요 소와 및 열구를 모두 삭제하는 침습적인 술식으로 치아 구조를 최대한으로 보존하기가 어려웠다. 그러나, 최근에는 다양한 접착 시스템이 개발되었을 뿐 아니라 물성이 개선된 유동성 레진이 등장하게 되어 치질을 최대한 보존하고자 하는 최소침습치의학(Minimal invasive dentistry)의 개념으로 패러다임이 변화하고 있다<sup>4-6)</sup>.

이와 같이 최소삭제 혹은 미세와동 충전이라는 최소침습치료의 개념이 점차적으로 보편화되면서 교합면 열구는 예방과 치료가 혼재된, 즉 우식 존재 여부와 관계없이 해당부위의 전색을 통하여 밀봉하는 방식으로 치료의 개념이 바뀌고 있다. 따라서 교합면 열구의 전색이나 최소침습치료는 재료적인 면에서는 물론 기술적인 면에서도 한층 더 진일보 되어야 한다는 명제를 안게 되었다.

교합면 열구의 우식예방이나 치료에 있어 전색제나 수복재의 열구내로의 침투와 미세누출은 치료의 성공과 실패에 가장 영향을 많이 미치는 요소인데, 이는 근본적으로 열구의 해부학적 형태에 영향을 많이 받는다고 알려져 있으며, Nagano<sup>7)</sup>는 교합면 열구의 형태를 4가지로 나누어 제시하고, 이중 K형과 I형은 U형과 V형에 비해 치면열구전색제의 침투가 어렵다고 하였다. 이에 전색제의 침투도를 높이기 위해 열구의 입구를 넓혀주는 소위 열구성형술이 적용되고 있는데, Feldens 등<sup>8)</sup>은 열

구성형술 시행시 산부식 및 전색제가 적용되는 표면적을 넓혀주어 침투도가 증가하고 미세누출이 감소하여 유지력이 증가하는 결과를 보인다고 하였다.

교합면 열구에 초기우식이 존재하는 경우, 예방적 치료로 우식성 병소의 진행을 억제할 것인지 혹은 와동을 형성하고 수복재로 충전할 것인지에 대하여 명확한 기준이 제시되고 있지 않다. 몇몇 연구들에서는 우식성 열구를 전색할 경우 우식 과정의 진행을 억제시킬 수 있다고 하였으나<sup>9)</sup>, 다른 연구들에서는 법랑질 우식을 남겨놓은 상태로 전색할 경우 접착력 결여로 인한 미세누출에 의해 이차우식이 발생할 수 있다고 보고하고 있다<sup>10)</sup>.

따라서 건전한 열구는 물론 초기우식이 있는 열구의 전색이나 수복을 위해 열구를 넓혀주는 열구성형술의 역할에 대해 관심이 모아지고 있다. 열구성형술은 탈회된 법랑질이 존재하는 초기 열구 우식증에서 건전한 치질을 최대한 보존하면서 우식과 열구 내 잔사를 제거하고 치면열구전색제나 유동성 레진으로 폐쇄시킴으로써 우식을 차단하여 최소침습치료에 입각한 치료를 가능하게 할 수 있다<sup>4,9)</sup>.

그러나 열구성형술이 교합면 열구에서 전색제나 유동성 레진의 침투도나 유지력에 미치는 영향에 대해선 학자들간에 논란이 있다. Khanna 등<sup>11)</sup>의 연구에서는 법랑질성형을 시행한 그룹에서 침투도가 증가하였고, Bagherian 등<sup>12)</sup>은 열구성형술 시행시 미세누출이 더 감소하였다고 보고한 반면, Chaitra 등<sup>13)</sup>의 연구에서는 열구성형술이 미세누출 감소에 영향을 미치지 않았고, Nahid 등<sup>14)</sup>은 열구성형술 유무가 전색제 유지력에 차이가 없다고 기술한 바 있다. 이처럼 열구성형술의 영향에 대해서는 여전히 학자들 사이에서 견해 차이를 보이고 있으며, 더욱이 초기우식이 존재하는 교합면 열구에서의 열구성형술에 대한 효과에 대해서는 연구된 바가 많지 않다.

최근에 유동성 레진은 재료의 발전을 거듭하여 물성과 흐름성이 좋아져 최소침습치료의 수복재료 뿐 아니라 치면열구전색제까지 그 사용 범위가 점차 넓어지고 있다<sup>3,5,15)</sup>. 유동성 레진을 전색제로 사용할 경우 표면마모에 대한 저항성이 우수하

여 유지력이 증가될 것으로 예상되나, 상대적으로 흐름성이 떨어져 열구내로의 침투는 불리할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 교합면 열구 초기우식증의 전색이나 최소침습치료를 위해 유동성 레진을 적용하는데 있어 가장 문제점으로 알려지고 있는 열구내 침투도를 개선시키기 위한 방법으로 열구성형술의 효과를 평가하고 유동성 레진의 점주도, 즉 흐름성의 차이가 침투도에 미치는 영향을 비교, 평가하여 유동성 레진의 교합면 열구 초기우식증에 대한 치료효과를 알아보고자 한다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

교정 목적으로 발거한 소구치를 대상으로 시진과 탐침으로 검사하여 충진물 및 파절이 없고, 교합면 열구에 한정된 초기우식증이 존재하며 치아우식증 진단기기인 DIAGNOdent®(Kavo, Biberach, Germany)를 사용하여, 제조회사의 진단가이드라인에 의거 초기 치아우식증에 해당되는 수치(14-20)에 해당되는 치아 200개를 선정하여 실험에 사용하였다. 열구성형을 위한 기구로는 Fissurotomy® Original bur(SS WHITE, USA), Fissurotomy® Micro NTF bur(SS WHITE, USA), resin finishing bur(Komet, Germany), 1/2 round carbide bur(Komet, Germany)를 사용하였으며, 산 부식제는 35% 인산으로 구성된 Ultra-Etch®(Dentsply, USA), 상아질접착제는 Single Bond®(3M-ESPE, USA), 유동성 레진은 Unifil® Flow(GC, JAPAN)와 Filtek® Flow(3M-ESPE, USA), 광중합기는 BeLite® LED 광중합기(B&L Biotec, Korea)를 사용하였다.

모든 치아는 실험 전 퍼미스를 이용하여 치관부에 치면 세마를 시행하고, 5% NaOCl 용액이 담긴 초음파 세척기에 1시간 동안 세척한 후 증류수로 재세척하여 생리식염수에 보관하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 우식성 열구의 전색

대상 치아를 유동성 레진의 종류와 열구성형 방법에 따라 20개씩 총 10개의 군으로 나누고 열구성형술을 시행하지 않은 군을 대조군으로, 열구성형술을 시행한

군을 실험군으로 하였으며 실험군은 각각 Fissurotomy<sup>®</sup> Original bur, Fissurotomy<sup>®</sup> Micro NTF bur, resin finishing bur, 1/2 round carbide bur를 사용하여 열구성형술을 시행하였다(Fig. 1). 이후 치면을 35% 인산으로 20초간 부식시켰으며 10초 간 물을 분사하여 세척한 후 three way syringe의 압축공기를 이용하여 완전히 건조시켰다. 각 치아 시편은 상아질접착제를 적용한 후 유동성 레진을 사용하여 열구를 전색한 후 BeLite<sup>®</sup> LED 광중합기로 20초간 광중합하였다(Table 1).

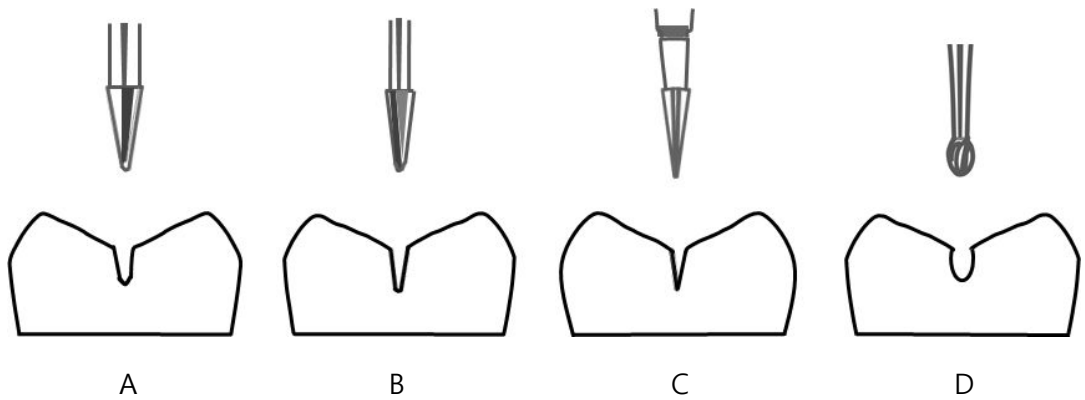


Fig. 1. Type of burs for fissure preparation. A) Fissurotomy<sup>®</sup> Original bur, B) Fissurotomy<sup>®</sup> Micro NTF bur, C) resin finishing bur, D) 1/2 round carbide bur

Table 1. Distribution of samples according to the materials and application methods

Group	Materials and methods			
	Flowable resin	Fissure preparation	Sample number	
Control	1	No preparation	20	
	Experimental	Unifil <sup>®</sup> Flow (GC, JAPAN)	2 Fissurotomy <sup>®</sup> Original bur	20
			3 Fissurotomy <sup>®</sup> Micro NTF bur	20
			4 Resin finishing bur	20
			5 1/2 round carbide bur	20
Control	6	No preparation	20	
	Experimental	Filtek <sup>®</sup> Flow (3M-ESPE, USA)	7 Fissurotomy <sup>®</sup> Original bur	20
			8 Fissurotomy <sup>®</sup> Micro NTF bur	20
			9 Resin finishing bur	20
			10 1/2 round carbide bur	20

## 2) 열 순환 및 색소 침투

구강 내 환경을 재현할 목적으로 전색제의 수화 팽창을 유도하기 위해 중합이 완료된 모든 대상 치아들을 군 별로 나누어 실온의 생리식염수에 24시간 동안 보관한 후, 5℃와 55℃의 수조(water bath)에서 각각 30초씩 교대로 500회의 열 순환을 시행하였다. 전색부 이외에서의 불필요한 색소 침투를 막기 위해 전색한 열구 변연의 1mm를 제외한 치면 전체에 nail varnish를 2회 도포한 후 건조시켰다.



### 3) 미세누출 및 침투도 평가

규격화된 주형에 치아를 고정시켜 epoxy resin에 매몰시킨 뒤 1% methylene blue 용액에 24시간 동안 담근 후 꺼내어 흐르는 물에 깨끗이 세척하여 여분의 색소를 제거하였다. Isomet low speed diamond wheel saw(Model 650, South Bay Technology, USA)를 이용하여 협설 방향으로 절단하여 소와 열구의 수직 단면을 노출시키고 주수 하에서 1000, 1200, 2400, 4000 grit silicon carbide paper로 연마하였다(Fig. 2). 노출된 절단면의 미세누출과 침투도는 입체현미경(Olympus SZ61®, Japan)으로 관찰(X40)하였다.

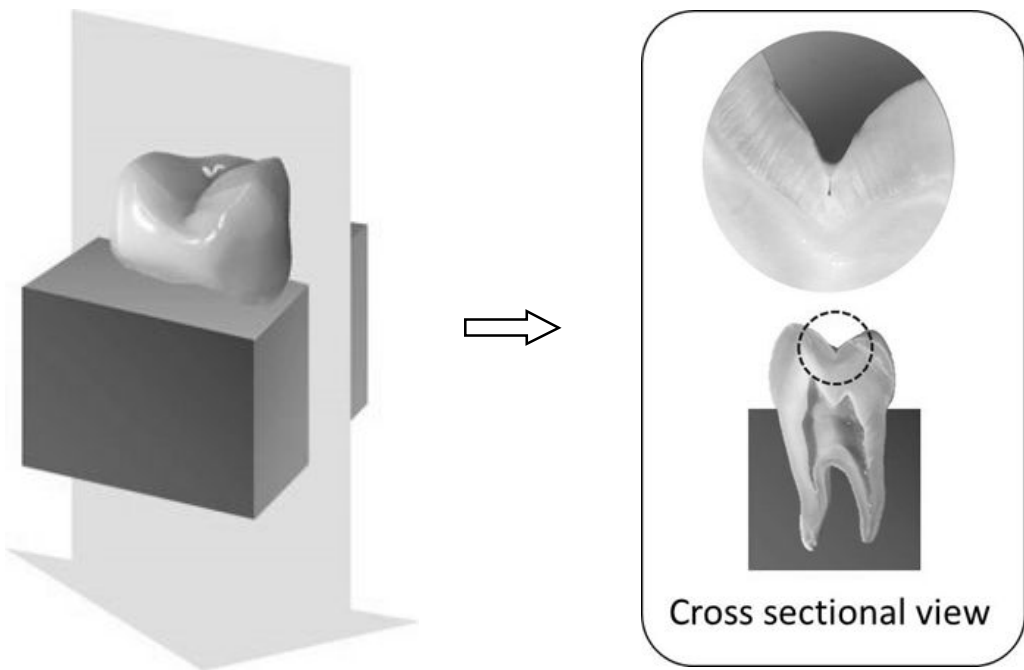


Fig. 2. Cross section of samples in bucco-lingual direction for evaluation of the penetration depth and the microleakage.

침투도는 유동성 레진이 열구 내로 침투한 깊이를 측정하였고, 미세누출은 법랑  
 질과 유동성 레진의 계면으로 침투한 methylene blue 용액의 침투 깊이를 측정하  
 였다. 침투도와 미세누출은 Hevinga 등<sup>16)</sup>이 제시한 기준에 따라 열구 내로 침투가  
 전혀 없는 경우 score 0, 열구의 1/2 미만까지 침투한 경우 score 1, 1/2 이상 침투  
 하였으나 기저부까지 침투하지 못한 경우 score 2, 열구 기저부까지 완전히 침투한  
 경우 score 3으로 분류하여 평가하였다(Fig. 3, Table 2).

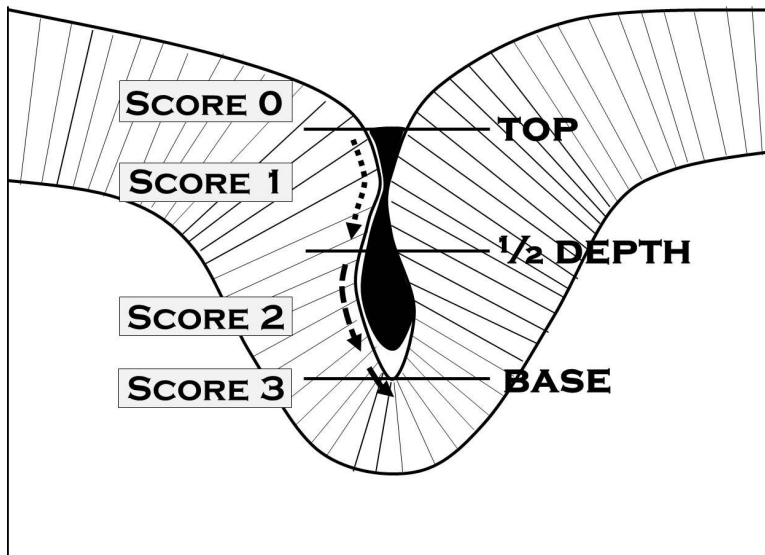


Fig. 3. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the  
 microleakage and the penetration depth of flowable resin.

Table 2. Scoring criteria according to penetration depth of flowable resin and dye

Score	Criteria
0	No penetration
1	Penetration down to half the length of the fissure
2	Penetration extending beyond half the length of the fissure
3	Penetration into underlying fissure

4) 주사전자현미경(SEM)을 이용한 열구내 레진 tag 형성과 접촉상태 관찰

열구 단면에서 치면과 유동성 레진 사이의 접촉상태를 평가하기 위해 주사전자현미경(JEOL JSM-840A, JEOL CO., Japan)을 이용하였다. 시편들을 진공 데시게이터를 이용하여 충분히 건조시켜준 다음 2kV, 20mA의 전압과  $4 \times 10^{-2}$  bar/pa의 진공상태에서 Ion sputter(E-1030, Hitachi, Japan)를 이용하여 도금처리를 한 후 주사전자현미경으로 치아의 절단면을 관찰하였다.

5) 통계학적 분석

조사된 자료를 SPSS(version 23.0.0, SPSS, Chicago IL)를 이용하여 분석 및 통계처리 하였으며 유의 수준은 5%( $p=0.05$ )에서 검증하였다. 전체 실험군의 유의성 검증 및 각 군 간의 침투도와 미세누출에 대한 유의성 검증은 Fisher's exact test로 하였으며 유동성 레진의 종류별 유의성 검증은 t-test를 사용하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 침투도 평가

Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군과 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군 모두 열구성형술 시행 여부와 방법에 따른 침투도의 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Table 3). 열구성형술을 시행하지 않은 대조군(1군, 6군)은 주로 score 1과 score 2에 분포하였으나, 열구성형술을 시행한 실험군(2, 3, 4, 5, 8, 8, 9, 10군)은 score 2에 집중적으로 분포하여 대체적으로 침투도가 큰 경향을 보였다.

Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군에서는 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 열구성형술을 시행하지 않은 대조군에 비해 침투도가 유의하게 컸으며, Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군에서는 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 침투도가 유의하게 컸다(Fig. 4, 5).

열구성형술 방법들간에 따른 침투도 분포는 1/2 round carbide bur가 다른 방법들에 비해 score 1에는 적게 분포하고 score 3에는 더 많은 분포를 보여 침투도가 큰 경향을 보이고 있으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 4, 5).

유동성 레진의 종류에 따른 침투도에서 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군의 평균 score는  $2.17 \pm 0.70$ 로 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진의  $1.94 \pm 0.71$  보다 컸으며 통계학적으로 유의성이 있었다(Table 4). 이는 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진을 적용한 군이 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진을 적용한 군보다 열구내로 침투가 더 깊이 이루어짐을 의미한다.

Table 3. Distribution of samples by the penetration scores

Group	Penetration score				Number	<i>p</i> -value
	0	1	2	3		
1	0	10	8	2	20	0.0109*
2	0	1	12	7	20	
3	0	2	10	8	20	
4	0	3	10	7	20	
5	0	1	9	10	20	
6	0	12	7	1	20	0.0267*
7	0	4	11	5	20	
8	0	5	10	5	20	
9	0	6	9	5	20	
10	0	1	13	6	20	

\* : significant difference ( $p < 0.05$ ) (Fisher's exact test)

Table 4. Penetration scores according to flowable resin type

	Unifil <sup>®</sup> Flow $\checkmark$	Filtek <sup>®</sup> Flow $\checkmark$	<i>p</i> -value
N	100	100	0.0217*
Mean $\pm$ SD	2.17 $\pm$ 0.70	1.94 $\pm$ 0.71	

\* : significant difference ( $p < 0.05$ ) (t-test)

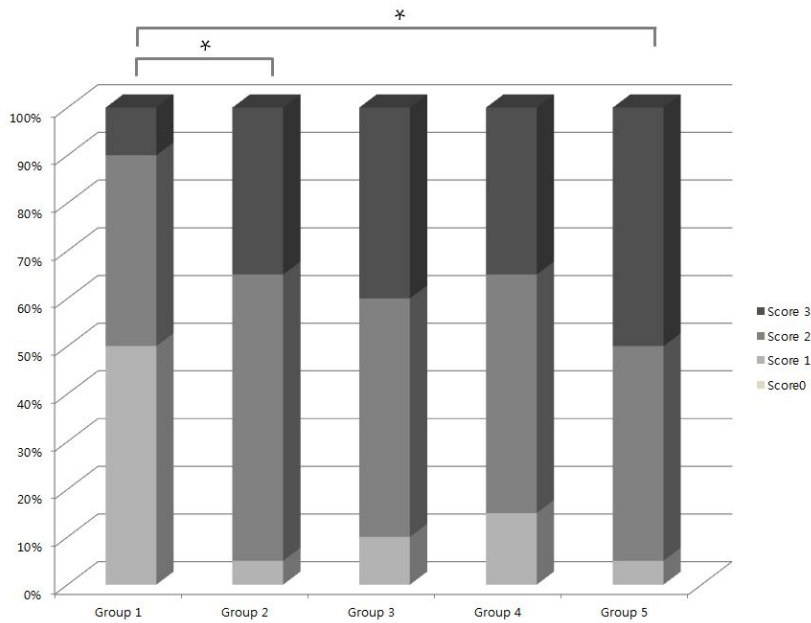


Fig. 4. Comparison of penetration scores in Unifil<sup>®</sup> Flow groups.

\* : significant difference ( $p < 0.005$ ) (Fisher's exact test)

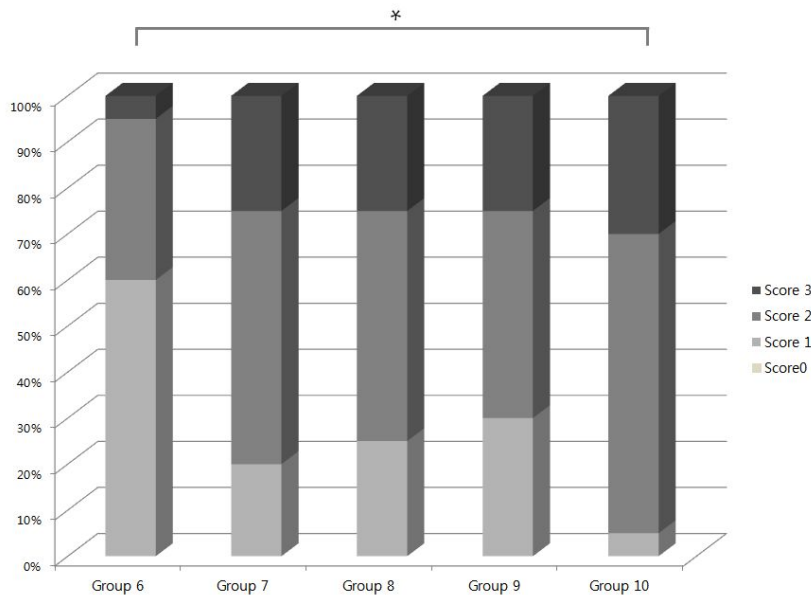


Fig. 5. Comparison of penetration scores in Filtek<sup>®</sup> Flow groups.

\* : significant difference ( $p < 0.005$ ) (Fisher's exact test)

## 2. 미세누출 평가

Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군과 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군 모두 열구성형술을 시행한 실험군이 열구성형술을 시행하지 않은 대조군에 비해 더 작은 미세누출 경향을 보였다 ( $p < 0.05$ )(Table 5). 특히 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 미세누출도가 유의하게 낮았다(Fig. 6, 7). 열구성형술을 시행한 실험군들에서는 열구 기저부까지 미세누출이 발생한 샘플은 관찰되지 않았다(Table 5).

유동성 레진의 종류에 따른 미세누출에서 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군의 평균 미세누출 score는  $0.52 \pm 0.82$ , Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진의 평균 미세누출 score는  $0.47 \pm 0.76$ 이었으며, 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6).

Table 5. Distribution of samples by the microleakage scores

Group	Microleakage score				Number	p-value
	0	1	2	3		
1	6	5	5	4	20	
2	15	4	1	0	20	
3	14	5	1	0	20	0.0255*
4	14	5	1	0	20	
5	16	3	1	0	20	
6	7	5	5	3	20	
7	14	6	0	0	20	
8	15	4	1	0	20	0.0242*
9	14	5	1	0	20	
10	16	4	0	0	20	

\* : significant difference ( $p < 0.05$ ) (Fisher's exact test)

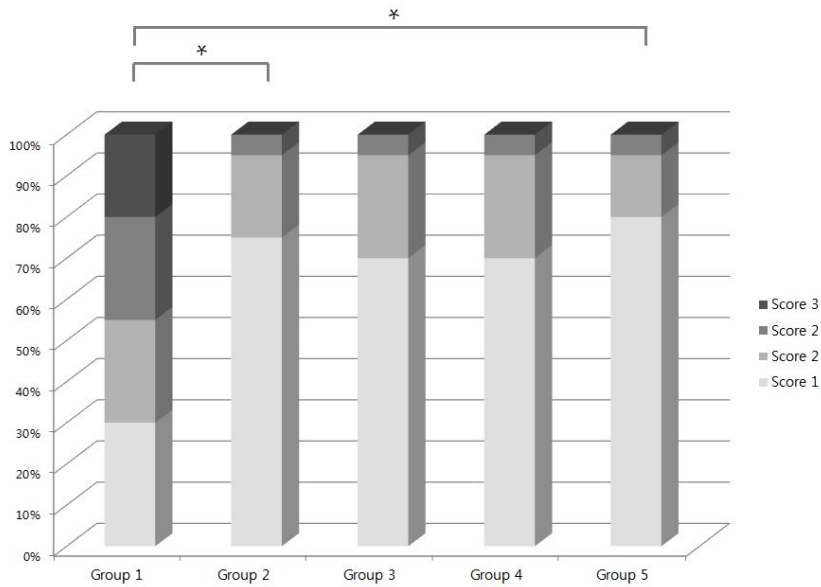


Fig. 6. Comparison of microleakage scores in Unifil<sup>®</sup> Flow groups.

\* : significant difference ( $p < 0.0125$ ) (Fisher's exact test)

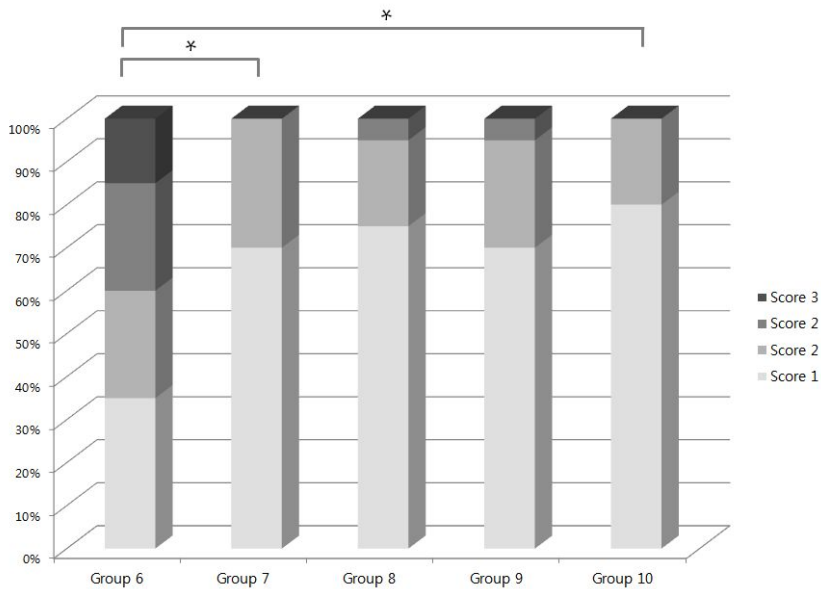


Fig. 7. Comparison of microleakage scores in Filtek<sup>®</sup> Flow groups.

\* : significant difference ( $p < 0.0125$ ) (Fisher's exact test)



Table 6. Microleakage scores according to flowable resin type

	Unifil <sup>®</sup> Flow 군	Filtek <sup>®</sup> Flow 군	<i>p</i> -value
N	100	100	0.6554
Mean ± SD	0.52 ± 0.82	0.47 ± 0.76	

\* : significant difference ( $p < 0.05$ ) (t-test)

### 3. 주사전자현미경 관찰

열구성형술을 시행하지 않은 1군과 6군에서 대체적으로 침투력이 좋지 않고 열구벽과의 긴밀한 접촉을 보여주지 못한 표본이 많이 관찰되었으며, 특히 열구의 형태가 좁고 긴 경우 유동성 레진의 침투에 한계가 있었다(Fig. 8). 반면, 열구성형술을 시행한 표본들에서는 다양한 버의 사용으로 열구의 형태에 따라 차이는 있었지만, 대체적으로 대조군보다 침투력이 좋고 열구벽과 긴밀한 접촉을 보여주었다(Fig. 9-12).

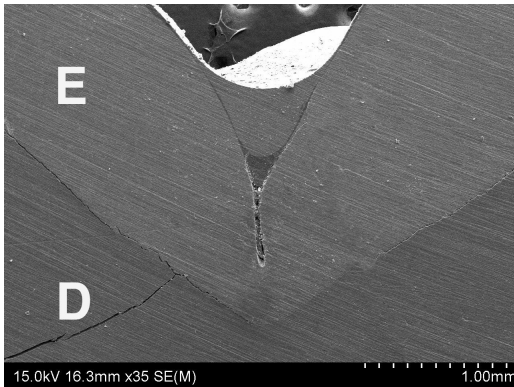


Fig. 8. SEM image of sample without fissure preparation. Incomplete penetration of flowable resin in to the base of the fissure.

E : Enamel, D : Dentin

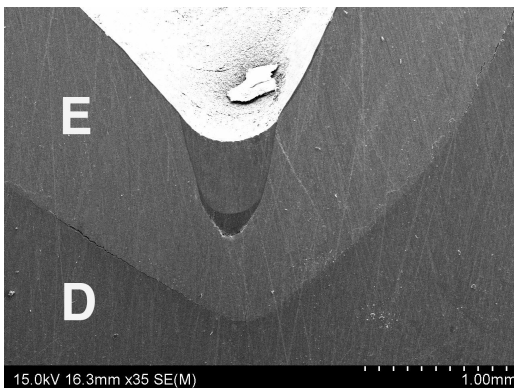


Fig. 9. SEM image of fissure prepared with Fissurotomy<sup>®</sup> original bur. The flowable resin flowed into the funnel shaped fissure. Well adaptation of flowable resin to the outer wall of the fissure was shown.

E : Enamel, D : Dentin

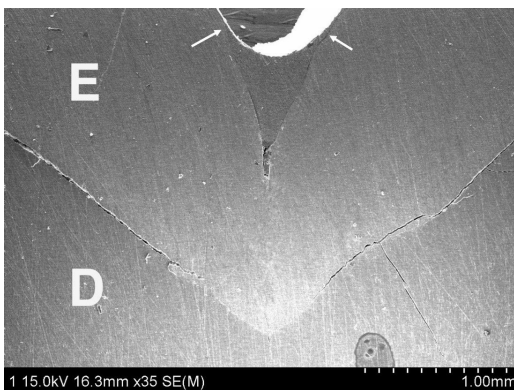


Fig. 10. SEM image of fissure prepared with Fissurotomy<sup>®</sup> Micro NTF bur. Although the flowable resin was filled incompletely, it was tightly adapted to the wall of fissure entrance(arrow).

E : Enamel, D : Dentin

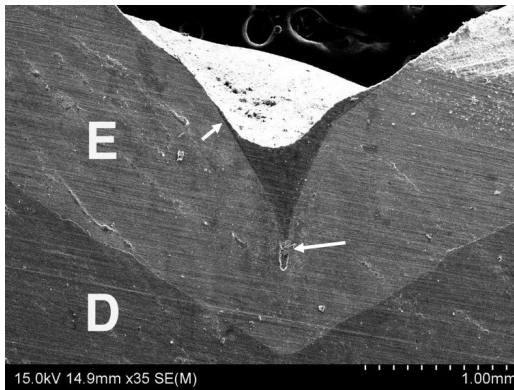


Fig. 11. SEM image of sample prepared with resin polishing bur. The fissure was opened incompletely (long arrow) and also filled incompletely with flowable resin. But the flowable resin was tightly adapted to the wall of fissure entrance (short arrow).

E : Enamel, D : Dentin

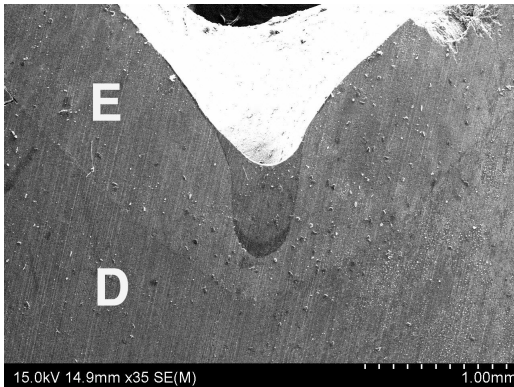


Fig. 12. SEM images of sample prepared with 1/2 round carbide bur. Fissure was opened sufficiently and showed proper penetration of flowable resin.

E : Enamel, D : Dentin

## IV. 총괄 및 고찰

교합면 열구에 초기우식이 존재하는 경우, 예방적 치료로 우식성 병소의 진행을 막을 것인지, 와동을 형성하고 수복재를 충전할 것인지에 대한 기준이 명확하지 않기 때문에 임상가들은 어떠한 치료방법을 선택해야할지 고민을 하게 된다.

치면열구전색은 교합면 우식을 예방하는 효과적인 치료 방법이지만 장기적인 유지율은 30-90%로 다양하다<sup>17,18)</sup>. 따라서 전색제의 효과를 높이기 위한 몇몇 방법이 제시되었는데 그 중 하나가 열구성형술이다. 여러 연구에서 범랑질 성형술이나 버를 사용한 열구의 확장은 산부식제와 전색제가 잘 침투되고 범랑질내 접촉 표면적이 증가되어 유지력을 향상시키고, 미세누출을 줄여줄 수 있다고 보고하였다<sup>11,12,19)</sup> 한 연구에서는 범랑질성형술 시행시 열구의 입구 및 중앙부분의 넓이가 유의미하게 증가하였고, 열구의 기저부는 크게 변화하지 않았다고 보고한 바 있다<sup>11)</sup>. 이때 최대한의 보존적인 와동형성이 필요한데, 이러한 와동 확장의 필요성 여부에 대해서는 학자들 간에 논란이 있다<sup>11)</sup>. 최근에는 예방적 치료를 위한 전색제를 사용할 경우 기계적 와동형성을 권고하지 않는다는 연구 보고들이 있다<sup>20)</sup>. 그러나 초기우식이 존재하는 경우, 우식을 제거하기 위한 미세와동의 형성은 조금 다른 시각으로 접근해야 한다. 적절한 시기에 치질을 최소한으로 삭제하고 작은 수복을 시행하는 술식은 우식의 진행 및 전파를 차단할 수 있다. 이러한 최소침습적 우식의 치료는 우식결손의 크기에 상관없이 조직의 보존에 초점을 맞추며, 이와 관련하여 우식성 열구에서 작은 결손부에 대한 범랑질 와동을 덜 침습적으로 형성하기 위한 여러 기술이 제안되었다<sup>21-23)</sup>. Truman 등<sup>24)</sup>은 우식을 제거하기 위해 날카롭고 예리한 수동 금속 기구를 사용하는 것은 매우 효과적일 수 있으나 우식을 완전히 제거하였다고 확신할 수 없고 2차 우식의 가능성이 있으며 술자의 숙련도가 필요하기 때문에, 회전식 기구를 사용하는 것이 시간적, 기술적으로 더 유리하다고 서술하였다.

우식 부위에 작은 와동을 형성하고 수복하는 술식은 접착제의 발달에 의해 가능하게 되었다<sup>22)</sup>. 수복재료의 유지를 위해서는 산부식제의 침투도 및 재료의 밀봉능력, 마모와 부식 저항성이 우수해야 하고, 특히 미세누출이 매우 중요한데, 밀봉이 제대로 이루어지지 않으면 이차우식, 치수병변, 치료 후 동통, 민감성 등의 임상적 문제를 일으킬 수 있어 최종적인 수복실패를 가져오기 때문이다<sup>13,25-30)</sup>. 유동성 레진은 물리적 성질의 개선으로 점도와 탄성계수가 낮아져 유연하고 다루기가 쉬워 미세와동에 적용하게 되었고, 기존의 전색제에 비해 마모저항성이 증가하여 더 나은 유지력을 갖게 되었다<sup>31,32)</sup>. Lee<sup>33)</sup>는 열구가 착색되어 있으면서 탐침 시 소와나 열구부위에서 tug feeling과 같은 걸리는 느낌이 존재하는 경우 와동형성 후 유동성 레진으로 충전하는 것이 최적의 치료로 평가된다고 보고한 바 있다.

본 연구에서는 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군에서 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군에서 침투도가 증가하였고, Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군에서 1/2 round carbide bur를 사용할 경우 침투도가 더 증가하였는데, 이는 열구 확장을 위해서는 1/2 round carbide bur를 사용하는 것이 침투도를 증가시키는데 유리할 것이며, Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군에서는 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur 또한 침투도를 유의하게 증가시킨다는 것을 의미한다. 제조회사에서 명시한 유동성 레진의 흐름도를 비교하면, 90초간 40gf에서의 점도가 Unifil<sup>®</sup> Flow에서 33.5mm, Filtek<sup>®</sup> Flow에서 26.4mm로 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진의 흐름도가 더 좋은 것을 알 수 있다. 유동성 레진의 종류에 따른 침투도 비교 시 흐름성이 더 좋은 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군의 침투도가 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군에 비해 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 와동을 최소한으로만 형성했기 때문에 재료의 침투를 위한 흐름성이 매우 중요함을 의미한다.

열구성형술 유무에 따른 미세누출 비교시 열구성형술을 시행한 그룹에서 더 적은 미세누출이 관찰되었고, 특히 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 미세누출도가 유의하게 낮게 관찰

되었다( $P < 0.05$ ). 열구성형술을 시행한 실험군에서 미세누출이 감소하는 경향은 열구성형술 이후 산부식시 미세공포들이 더 많이 형성되었고<sup>19)</sup>, 여기에 적용된 상아질접착제가 미세기계적결합을 형성하여 치질과 재료의 결합을 견고히 한 것으로 생각된다. 주사전자현미경 상의 결과에서 관찰되듯이 열구성형술을 시행하지 않은 대조군에서는 치질과 수복재가 긴밀하게 접촉하지 못하고 미세누출이 발생하였는데, 이는 초기우식이 존재하는 부위가 탈회로 인하여 치아의 다공성이 증가된 상태이기 때문에 치밀한 미세기계결합의 형성이 부족했던 것으로 보인다. 열구성형술을 시행한 그룹에서는 미세와동을 형성함으로써 초기우식 병소의 다공성부위가 제거되어 상아질접착제 적용 시 치질과 수복재간의 미세기계결합이 보다 증가되어 미세누출이 감소한 것으로 생각된다. 또한 산부식이 잘 되지 않은 열구 내부의 무소주범랑질(prismless enamel) 층을 제거하여 치질과의 접착력 향상시킨 것으로 추정할 수 있다<sup>34,35)</sup>. 유동성 레진의 종류에 따른 미세누출 비교 시 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군과 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군 사이의 미세누출 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진은 마이크로하이브리드타입의 필러를 함유하고 있는 레진으로서 작은 와동에 적합한 낮은 흐름도를 보여 와동내 접착 면적이 높았을 것이며, Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진은 55%의 필러를 함유하였지만 나노필러를 사용하고 탄성도를 높여 중합수축을 최소화하였기 때문이라고 생각된다. 따라서 사용하는 재료에 따라 다소 다른 결과가 나올 수도 있을 것으로 추정된다.

이와 같이 열구성형술의 시행으로 유동성 레진의 침투도가 증가되었고 보다 치밀한 미세기계결합의 형성으로 치질과의 결합강도가 증가되어 미세누출을 줄일 수 있는 것으로 보인다. 작은 미세와동을 형성하고 수복을 시행할 경우, 재료간의 미세누출에는 유의한 차이가 없으므로 침투도가 더 좋은 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진을 사용하는 것이 유리하며, 수복재 적용 전에 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur나 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행하는 것이 침투도를 증가시키는 좋은 방법이 될 것으로 생각한다.

이처럼 열구에 미세와동을 형성할 때에는 소와 열구의 형태를 고려해야 할 필요가 있다. 소와 열구의 형태는 U형, V형, I형, K형 등이 있는데, 그 형태에 따라 재료의 침투도에 영향을 미칠 수 있기 때문이다<sup>7,36,37</sup>. 치면열구의 형태 중 입구가 넓은 V형이나 U형은 비교적 침투가 쉬운 반면, 열구가 깊거나 병목형인 경우는 세척 및 산부식 액과 재료의 침투가 어렵다<sup>27</sup>. 주사전자현미경 상에서 표본을 관찰하였을 때 열구성형술로 형성된 와동의 형태에 따라 침투도에 차이가 발생하였는데, 이를 통해 열구의 해부학적인 형태가 열구성형술의 정도에 영향을 미치며 technique-sensitive함을 확인할 수 있었다. 본 연구는 자연치를 사용하였기 때문에 열구의 형태와 깊이에 따라 버의 적용 깊이에 차이가 있어 열구성형술의 양은 각 치아마다 다를 수밖에 없었는데, 이처럼 열구형태를 표준화할 수 없었다는 것이 이 연구의 한계점이다. 열구 성형을 너무 얇게 시행하면 의도했던 만큼 재료가 침투하지 못할 수도 있고, 반대로 너무 깊고 넓게 확장하면 건전한 치질이 삭제될 뿐 아니라 재료의 양이 많아져 그만큼 중합수축이 발생하여 미세누출이 유발될 수도 있을 것이다. 또한 이 연구에서는 샘플을 협설방향으로 절단하여 수직단면을 기준으로 침투도와 미세누출을 평가하였는데, 형성된 모든 와동벽에 유동성레진이 균일하게 접착되어 있지 않을 수 있고 이것을 3차원적으로 확인하기는 어렵기 때문에<sup>38</sup>, 이를 함께 평가할 수 있는 연구가 추후에 더 필요할 것으로 생각된다.

선택된 치료계획에 따라 그 결과가 달라질 수 있기에 적절한 치료방법의 기준이 모호한 경우들에 있어 임상적인 결정은 매우 중요하다<sup>21,39</sup>. 최근에는 우식에 이환된 조직을 덜 침습적으로 제거하는 대체 기술보다 치과 재료의 기계적 물성을 활용하는 과학적 정보가 더 많이 발전하고 있다. 따라서 전통적 치료방법의 학문적 한계를 넘어, 환자 중심 치의학의 실현하기 위해 덜 침습적인 방법의 가능성과 장점을 증명하는 것은 가치있는 일일 것이다<sup>21</sup>.

이상의 결과를 종합해 보면 우식성 열구에 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur를 사용하여 미세와동을 형성한 후 흐름성이 좋은 Unifil<sup>®</sup> 유동성

레진을 적용하거나 1/2 round carbide bur를 사용하여 미세와동 형성 후 Filtek® 유동성 레진을 적용하는 것이 치질삭제를 최소화하면서 우식을 제거할 뿐만 아니라 열구 내로 유동성 레진의 침투를 증가시켜 유지력을 향상시킬 수 있는 좋은 방법이 될 것으로 생각된다.



## V. 결 론

우식성 열구를 대상으로 다양한 유형의 열구성형술을 시행한 후 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진과 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진을 이용한 전색효과를 비교하기 위하여 침투도와 미세 누출도를 평가하였다.

1. Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군에서는 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 침투도가 증가하였으며, Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군에서는 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 침투도가 증가하였다.
2. Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군과 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진군 둘 다 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur로 열구성형술을 시행한 군이 대조군에 비해 미세 누출이 더 적게 관찰되었다.
3. Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군의 평균 침투도는  $2.17 \pm 0.70$ 로 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진의  $1.94 \pm 0.71$  보다 컸으며 통계학적으로 유의성이 있었다.
4. Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진군의 평균 미세누출 score는  $0.52 \pm 0.82$ , Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진의 평균 미세누출 score는  $0.47 \pm 0.76$  이었으며, 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과를 통해 우식성 열구에 Fissurotomy<sup>®</sup> original bur와 1/2 round carbide bur를 사용하여 미세와동을 형성한 후 흐름성이 좋은 Unifil<sup>®</sup> 유동성 레진을 적용하거나 1/2 round carbide bur를 사용하여 미세와동 형성 후 Filtek<sup>®</sup> 유동성 레진을 적용하는 것이 치실삭제를 최소화하면서 우식을 제거할 뿐만 아니라 열구 내로 유동성레진의 침투를 증가시키고 미세누출을 줄여주어 유지력을 향상시킬 수 있는 좋은 방법이 될 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

1. Mehta P : The use of sealants in dentistry - a review. *Int. Journal of Clinical Dental Science*, 3:102-105, 2012.
2. SH Lee : Retention of pit and fissure sealant. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 33:336-347, 2006.
3. Jafarzadeh M, Malekafzali B, Tadayon N, Fallahi S : Retention of a Flowable Composite Resin in Comparison to a Conventional Resin-Based Sealant: One-year Follow-up. *J Dent (Tehran)*, Epub 7:1-5, 2010.
4. Freedman G, Goldstep F, Seif T, Pakroo J : Ultraconservative resin restorations. *J Can Dent Assoc*, 65:579-81, 1999.
5. Corona SA, Borsatto MC, Palma-Dibb RG, *et al.* : Randomized, controlled trial comparing the retention of a flowable restorative system with a conventional resin sealant: one-year follow up. *Int J Paediatr Dent*, 15:44-50, 2005.
6. Frencken JE, Peters MC, Eden E, *et al.* : Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review : report of a FDI task group. *Int Dent J*, 62:223-43, 2012.
7. Nagano T : The form of pit and fissure and the primary lesion of caries. *Dent Abstract*, 6:426, 1960.
8. Feldens EG, Feldens CA, de Araujo FB, *et al.* : Invasive technique of pit and fissure sealants in primary molars: a SEM study. *J Clin Peiatr Dent*, 18:187-190, 1994.
9. El Im, Sang-Ho Lee, Nan-Young Lee : A study of microleakage and

- penetration ability of a pit and fissure sealant applied on carious fissures. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 37:345-351, 2010.
10. Banerjee A : Minimal intervention dentistry: part 7. Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques. *Br Dent J*, 214:107-11, 2013.
  11. Khanna R, Pandey RK, Singh N, Agarwal A : A comparison of enameloplasty sealant technique with conventional sealant technique: a scanning electron microscope study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 27:158-63, 2009.
  12. Bagherian A, Akbari M, Rezaeian M, Ansari G : Microleakage assessment of fissure sealant following fissurotomy bur or pumice prophylaxis use before etching. *Dent Res J (Isfahan)*, 10:643-6, 2013.
  13. Chaitra TR, Subba RV, Devarasa GM, Ravishankar TL : Flowable resin used as a sealant in molars using conventional, enameloplasty and fissurotomy techniques: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 28:145-50, 2010.
  14. Nahid A, Zahra BG, Yasaman R : Evaluation of the effect of enamel preparation on retention rate of fissure sealant. *Contemp Clin Dent*, 3:380-2, 2012.
  15. Erdemir U, Sancakli HS, Yıldız E. *et al.* : Clinical comparison of a flowable composite and fissure sealant: a 24-month split-mouth, randomized, and controlled study. *J Dent*, 42:149-57, 2014.
  16. Hevinga MA, Opdam NJ, Frencken JE, Bronkhorst EM, Truin GJ : Microleakage and sealant penetration in contaminated carious fissures. *J Dent*, 35:909-14, 2007.

17. Waggoner WF, Siegal M : Pit and fissure sealant application: Updating the technique. *Am J Dent*, 127:351-61, 1996.
18. Hassall DC, Mellor AC : The sealant restoration: indications, success and clinical technique. *Br Dent J*, 191:358-62, 2001.
19. Ripa LW : Occlusal sealing: rationale of the technique and historical review. *J Am Soc Prev Dent*, 3:32-9, 1973.
20. Beauchamp J, Caufield PW, Simonsen R, *et al.* : Evidence-Based Clinical Recommendations for the Use of Pit-and-Fissure Sealants: A Report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *Dent Clin North Am*, 53:131-47, 2009.
21. Ericson D, Kidd E, McComb D, Mjör I, Noack MJ : Minimally Invasive Dentistry-concepts and techniques in cariology. *Oral Health Prev Dent*, 1:59-72, 2003.
22. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ : Minimal intervention dentistry - a review. *Int Dent J*, 50:1-12, 2000.
23. Peters MC, McLean ME : Minimally invasive operative care. I. Minimal intervention and concepts for minimally invasive cavity preparations. *J Adhes Dent*, 3:7-16, 2001.
24. Feldens EG, Feldens CA, de Araujo FB, Souza MA : Invasive technique of pit and fissure sealants in primary molars: a SEM study. *J Clin Pediatr Dent*, 18:187-90, 1994.
25. Shapira J, Eidelman E : The influence of mechanical preparation of enamel prior to etching on the retention of sealants. *J Pedod*, 6:283-287, 1982.
26. Shapira J, Eidelman E : The influence of mechanical preparation of enamel prior to etching on the retention of sealants: three year follow-up. *J Pedod*,

- 8:272-277, 1984.
27. Shapira J, Eidelman E : Six-year clinical evaluation of fissure sealants placed after mechanical preparation: a matched pair study. *Pediatr Dent*, 8:204-205, 1986.
  28. Hatibovic-Kofman S, Butler SA, Sadek H : Microleakage of three sealants following conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Int J Pediatr Dent*, 11:409-416, 2001.
  29. Borsatto MC, Corona SA, Palma-Dibb RG, *et al.* : Microleakage at sealant/enamel interface of primary teeth: effect of Er:YAG laser ablation of pits and fissures. *J Dent Child (Chic)*, 71:143-147, 2004.
  30. Wakefield CW, Kofford KR : Advances in restorative materials. *Dental Clinics of North America*, 45:7-29, 2001.
  31. Autio-Gold JT : Clinical evaluation of a medium filled flowable restorative material as a pit and fissure sealant. *Oper Dent*, 27:325-9, 2002.
  32. Corona SA, Borsatto MC, Palma-Dibb RG, *et al.* : Randomized controlled trial comparing the retention of a flowable restorative system with a conventional resin sealant: One year follow up. *Int J Pediatr Dent*, 15:44-50, 2005.
  33. Sang Ho Lee : Pit and fissure sealing - Advanced technique, *J Kor Dent Assoc*, 49:22-32, 2011.
  34. Burrow MF, Burrow JF, Makinson OF : Pits and fissures: Etch resistance in prismless enamel walls. *Aust Dent J*, 46:258-262, 2001.
  35. Cho TS, Lee SH, Yoon JH, Kim SG : Ultra-structure and etching characteristics of occlusal fissure enamel. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 32:321-331, 2005.

36. Gerwal N, Chopra R : The effect of fissure morphology and eruption time on penetration and adaptation of pit and fissure sealants: An SEM study. *J Indian Soc Pedod Prevent Dent*, June:59-63, 2008.
37. Duangthip D, Lussi A : Effects of application techniques and fissure types on the in vitro performance of two fissure sealants. *Am J Dent*, 17:137-142, 2004.
38. Park JE, Kim JS, You SH : The study on the microleakage pattern of flowable composite resin restorations according to the type of adhesive materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 35:456-468, 2008.
39. Bader JD, Shugars DA : Variation in dentists' clinical decisions. *J Public Health Dent*, 55:181-188, 1995.