creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265675

2016년 8월
박사학위논문

레진기반 치면열구전색제와 유동성 레진의 교합면 열구내 침투도와 미세누출의 비교

조선대학교 대학원

치 의 생 명 공 학 과

정 혜 란

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

레진기반 치면열구전색제와 유동성 레진의 교합면 열구내 침투도와 미세누출의 비교

Comparison of flowable resin and resin sealant on the microleakage and the penetration ability in occlusal fissure

2016년 8월 25일

조선대학교 대학원

치 의 생 명 공 학 과

정 혜 란

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

레진기반 치면열구전색제와 유동성 레진의 교합면 열구내 침투도와 미세누출의 비교

지도교수 이 상 호

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2016년 4월

조선대학교 대학원

치 의 생 명 공 학 과

정 혜 란

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

정혜란의 박사학위 논문을 인준함

위원장 전남대학교 교 수 최 남 기 인

위 원 조선대학교 교 수 황 호 길 인

위 원 조선대학교 교 수 임 성 훈 인

위 원 조선대학교 교 수 이 난 영 인

위 원 조선대학교 교 수 이 상 호 인

2016년 6월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 연구 재료 및 방법 ····· 4

Ⅲ. 연구 결과 ····· 9

Ⅳ. 총괄 및 고찰 ····· 16

Ⅴ. 결 론 ····· 21

참고문헌 ····· 23

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Distribution of samples according to the materials and application methods ····· 5
Table 2. Distribution of samples by the penetration scores ····· 10
Table 3. Distribution of specimens by microleakage scores ····· 11

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

Fig. 1. Cross section of samples in bucco-lingual direction for evaluation of the penetration depth and the microleakage ····· 6
Fig. 2. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the penetration depth ····· 7
Fig. 3. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the microleakage ····· 7
Fig. 4. Comparison of penetration scores among groups ····· 10
Fig. 5. Comparison of microleakage among groups ····· 12
Fig. 6. SEM images of samples in group I ····· 13
Fig. 7. SEM images of samples in group II ····· 13
Fig. 8. SEM images of samples in group III ····· 14
Fig. 9. SEM images of samples in group IV ····· 14

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Abstract

Comparison of flowable resin and resin sealant on the microleakage and the penetration ability in occlusal fissure

Cheong Hye-Ran, D.D.S
Advisor : Prof. Lee Sang-Ho, D.D.S., Ph.D.
Department of Biodental Engineering
Graduate School of Chosun University

In this study, we compared the penetration scores and microleakage levels observed with different methods of application of a flowable resin as a resin-based pit and fissure sealant. Our findings were as follows.

1. The results of comparison of the penetration scores among the test groups revealed that Group 4, which was treated with flowable resin following fissurotomy and subsequent application of a bonding agent, exhibited higher penetration scores compared to Groups 2 and 3, which were also treated with flowable resin ($p<0.05$).

2. Group 1, treated with a resin-based sealant, displayed significantly higher penetration scores compared to Group 2, which was treated with flowable resin without any bonding agent ($p<0.05$). However, the penetration score distribution of Group 1 did not differ significantly from

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

those of Groups 3 and 4.

3. The results of comparison of the microleakage levels among the test groups revealed that Group 4 exhibited lower microleakage levels compared to the flowable resin-treated Groups 2 and 3 as well as the resin-based sealant-treated Group 1 ($p<0.05$).

4. Group 1 as well as Group 3, which was treated with flowable resin following the application of a bonding agent, exhibited lower microleakage levels compared to Group 2, which was treated with flowable resin without any bonding agent ($p<0.05$). However, the microleakage levels of Groups 1 and 3 did not differ significantly.

5. The results of evaluation by scanning electron microscopy (SEM) revealed that the penetration scores varied according the shapes of the pits and fissures. The application and extent of fissurotomy also resulted in variation of the penetration scores. In the group treated with flowable resin without any bonding agent, close adaptation between the resin and the enamel surface in the pits and fissures was not observed.

In summary, the penetration scores of the group treated with flowable resin following fissurotomy were similar to those of the group treated with a resin-based sealant, but higher compared to those of the other groups treated with flowable resin without fissurotomy or bonding agent.

The group treated with flowable resin following fissurotomy also exhibited the lowest microleakage levels. The group treated with resin-based sealant and the one treated with a bonding agent prior to the application of flowable resin showed similar microleakage levels.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Therefore, flowable resin may be applied as a pit and fissure sealant, and its application along with fissurotomy could increase the penetration scores.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

치아 교합면의 소와(pit) 및 열구(fissure)는 치아우식증이 호발하는 부위로 특히 어린이의 새로 맹출한 구치부 교합면은 석회화가 아직 완전히 이루어지지 않아 치아우식증에 대한 감수성이 매우 높다[1]. 교합면 우식증은 여러 문헌에서 높은 발병률이 보고되었는데, 근래에 Oulis 등[2]은 어린이의 치아우식증 중 12세의 경우 68%, 15세의 경우 78%가 교합면우식증이라고 보고한 바 있다.

이와 같이 교합면 소와 및 열구에 치아우식증 발병률이 높은 이유는 입구가 좁아 음식물이 잘 끼고 기저부가 법랑-상아질 경계부에 깊게 위치하여 치아 세척을 위한 접근이 어렵기 때문으로 알려졌다[3]. 이러한 교합면 우식증은 평활면 우식증과는 달리 눈에 보이지 않고 법랑질 표면의 파괴없이 상아질로 빠르게 진행한다[4,5].

따라서 교합면 우식증은 치아우식증 예방과 조기진단의 필요성이 높은 부위로 과거로부터 잇솔질이나 불소도포, 식이조절 등을 통한 예방법이 소개되고 있으나 잇솔질은 열구내 음식물 잔사나 치태제거가 어렵고 불소 도포는 평활면에 비해 상대적으로 효과가 낮다는 문제점이 있다[6].

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 1929년 Bodecker는 치과용 시멘트를 사용하여 소와 및 열구를 폐쇄하는 소위 치면열구전색의 개념을 처음 소개하였으며, 이후 산부식과 레진을 사용한 치면열구전색제가 개발, 소개됨에 따라 현재는 교합면 치아우식증 예방을 위한 가장 믿을 만하고 각광받는 방법으로 인식 되었다.

치면열구전색제의 치아우식증 예방 효과는 과거로부터 현재까지 여러 문헌에서 보고하고 있는데, 2008년 Ahovuo-Saloranta 등[7]은 도포 12개월 후에는 87%, 48~54 개월 후에는 60% 정도라고 하였다. Jodkowska[8]는 7~8세 어린이를 대상으로 치면열구전색제를 도포한 후 치아우식증 감소 효과를 15년간 장기적으로 추적, 조사한 결과 4개의 제1대구치에 치면열구전색을 시행한 경우 36%, 전체 구치를 대상

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

으로 치면열구전색을 시행한 경우는 54%의 감소 효과가 있다고 하였다. 이와 같은 치면열구전색제의 치아우식증 예방 효과에 대한 조사문헌들을 종합해 보면 30~70%의 치아우식증 예방 효과가 있다는 결과를 보고하고 있지만[7] 적용하는 재료와 도포방식 등 여러가지 요인에 의해 다소 차이가 있을 수 있다[9].

치면열구전색의 치아우식증 예방 효과가 뛰어남에도 불구하고 아직도 유지력에 대한 문제점이 지속적으로 제기되고 있다[10,11]. 이는 주로 치면열구전색제와 소와 및 열구 주위 혹은 내면의 법랑질과 긴밀한 접착이 이루어지지 않을 경우 교합력 혹은 저작력에 의한 스트레스, 기계적 마모, 전색제의 중합수축이나 구강 내 온도 변화에 따른 변연누출에 의해 치면열구전색제의 탈락이나 이차우식이 유발될 수 있다[12-14]. 이러한 관점에서 치면열구전색제의 열구내로의 침투와 접착력을 증가시키기 위해 그동안 많은 연구들이 이루어지고 있다.

치면열구전색제의 접착력에 영향을 줄 수 있는 요인으로 교합면 열구의 기하학적 형태와 법랑질의 미세구조 등 구조적 요인, 열구내 유기물 잔사 등의 환경적인 요인, 그리고 시술 중 타액오염, 산 부식 등 기술적인 측면을 들 수 있으며 이와 함께 재료적인 요인이 성공과 실패를 좌우하는 큰 요인으로 작용할 수 있다[15,16].

현재 대부분의 치면열구전색제는 레진을 기본성분으로 하고 있는데 주로 Bis-GMA와 TEGDMA계의 모노머가 많이 사용되며 DMAPE, CPQ 등의 모노머도 치면열구전색제의 재료로 사용된다. 근래에는 모노머에 filler를 첨가하여 마모저항성을 개선하고 중합수축을 줄여 미세누출을 개선하려는 노력이 이루어지고 있으나 열구내로의 침투력이 상대적으로 약해져 실제 효과가 있는지에 대한 논란이 있다[17,18]. 이와 함께 최근에는 불소를 함유하는 글래스아이오노머 시멘트를 주성분으로 하는 치면열구전색제들이 개발·시판되고 있는데, 글래스아이오노머 시멘트 치면열구전색제는 불소를 함유하고 산부식을 할 필요가 없어 행동조절이 어려운 어린이들에게 사용상의 편의성은 있으나 미세누출이 많고 이에 따른 이차적인 우식의 발생과 탈락이 문제점으로 지적되고 있다[19,20]. 따라서 글래스아이오노머 시멘트 전색

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제는 부분적으로 맹출된 영구 구치, 완전한 방습이 어려운 경우에 임시적인 전색 목적으로 사용하는 것을 추천하고 있다[21].

상기의 여러 방면의 연구를 거쳐 치면열구전색술은 점진적으로 기술과 재료가 개발, 개선되어 치아우식증 예방 효과가 증대됨에 따라 치면열구전색술은 치아우식증 예방은 물론 나아가 최소 침습치료의 영역으로까지 확대되기에 이르렀다[22].

최소 삭제, 작은 와동이라는 최소 침습치료의 개념이 보편화되면서 소와나 열구의 초기우식증을 완전히 제거하거나 예방적 확대를 통한 와동형성과 충전과정 없이 해당부위의 전색을 통한 밀봉으로 치료의 방식이 바뀌고 있어 치면열구전색술은 기술과 재료적인 면에서 한층 더 업그레이드되어야 한다는 명제를 안게 되었다.

이와 같이 치아우식증 치료의 흐름이 바뀌어감에 따라 근래에 치아우식증의 예방이나 수복을 위한 유동성 레진의 사용이 증가되고 있으며 특히 소와나 열구의 전색이나 열구를 포함하는 미세와동의 수복에 사용하고자 하는 시도가 늘고 있다.

유동성 레진이 치면열구전색제로 사용될 수 있는 타당성은 우선 점주도와 탄성계수(modulus of elasticity)가 낮은 흐름성에 의해 중합수축시의 응력이 해소되므로 미세누출이 감소하게 된다는 것이며 이와 함께 수복용 레진의 장점인 마모도 등의 물리적 특성이 좋다는 것이다[23-25].

Erdemir 등[26]은 인체의 구강 내에서 좌우를 달리하여 한 편은 레진계 치면열구전색제를 다른 한 편은 유동성 레진을 도포한 후 24개월 동안 유지력을 평가한 결과 각각 85.4%와 85.5%로 차이가 없음을 보고하였다. 그외 다른 연구들에서도 레진계 치면열구전색제와 유동성 레진의 유지력이 비슷하다고 보고하였다[27,28]. 그러나 Autio-Gold[17]는 임상연구를 통하여 18개월 동안 46%의 filler를 함유한 유동성 레진을 레진계 치면열구전색제와 비교해 본 결과 더 낮은 유지력을 보였다고 보고하였으며 Oba 등[29]의 연구에서도 도포 2년 후 레진계 치면열구전색제의 유지력이 81.0%인데 비해 유동성 레진의 유지력은 57.1~60.5%로 더 낮다고 하였다. 한편 Chaitra 등[30]은 유동성 레진을 열구성형술(enameloplasty)와 함께 전색을 시행한 경

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

우 일반 레진계 치면열구전색제 보다 미세누출은 더 적고 레진 tag의 길이는 더 크다고 하였다.

이상에서 기술한 바와 같이 치아우식증 치료에 대한 패러다임이 변하면서 유동성 레진의 사용 범위는 점점 넓어지고 있으며 특히 치면열구전색제로서 사용이 증가되고 있지만 그 효과에 대해서는 상반된 견해가 많고, 또 효과적인 적용을 위한 기술적인 측면에 관한 연구는 아직도 미진한 편이다. 따라서 본 연구에서는 레진계 치면열구전색제에 대한 유동성 레진의 효과를 비교하고, 또한 우식예방 효과를 높이기 위한 유동성 레진의 적용방법을 연구하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

시진과 탐침으로 검사하여 충전물, 파절, 표면 결함이 없고, 시진과 탐침을 통하여 임상적으로 열구우식증이 관찰되지 않은 발거된 소구치를 대상으로, 치아우식증 진단기기인 DIAGNOdent® (Kavo, Biberach, Germany)를 사용하여, 제조회사의 진단가이드라인에 의거 치아우식증이 없다고 판단되는 수치에 해당되며(13 이하), 방사선 사진을 통해 교합면 치아우식증이 존재하지 않는 치아 120개를 선정하여 실험에 사용하였다. 치면열구전색을 위한 산 부식제는 35% 인산으로 구성된 Ultra-Etch® (Dentsply, USA)를 사용하였고, 치면열구전색제는 레진계인 Clinpro® (3M-ESPE, USA), 유동성 레진은 Filtekflow® (3M-ESPE, USA), bonding agent로는 Adper™ Single Bond Plus(3M ESPE, USA), 광중합기는 BeLite® LED 광중

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

합기(B&L Biotec, Korea)를 사용하였다.

모든 치아는 실험 전 불소가 포함되지 않은 퍼미스를 이용하여 치관부에 치면세마를 시행하고 5% NaOCl에 담궈 초음파 세척기에 1시간 동안 세척한 후 증류수로 재세척하여 생리식염수에 보관하였다.

2. 연구 방법

1) 치면열구전색

대상 치아를 30개씩 4개의 군으로 나누고 20초간 35% 인산으로 부식시켰으며 10초간 물을 분사하여 세척한 후 three way syringe의 압축공기를 이용하여 완전히 건조시켰다. 각 치아시편은 다음과 같이 재료와 적용방법에 따라 군을 분류한 후, 소와 및 열구를 전색하였다(Table 1).

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

Group	Number	Application method
Ⅰ	30	sealant (Clinpro®)
Ⅱ	30	flowable resin (Filtekflow®)
Ⅲ	30	flowable resin+bonding agent (Filtekflow®+Adper™ Single Bond Plus)
Ⅳ	30	flowable resin+bonding agent+fissurotomy (Filtekflow®+Adper™ Single Bond Plus)

2) 열 순환 및 색소 침투

치면열구전색제의 수화 팽창을 유도하여 구강내 환경을 재현할 목적으로 중합이 완료된 모든 대상 치아들을 군 별로 30개씩 나누어 실온의 생리식염수에 24시간 동안 보관한 후, 5℃와 55℃의 수조(water bath)에서 각각 30초씩 교대로 500회의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

열 순환을 시행하였다. 불필요한 색소 침투를 막기 위해 utility wax로 근단공을 폐쇄하고 전색제 변연의 1 mm를 제외한 치면 전체에 nail varnish로 2회 도포한 후 건조시켰다. 시편들을 1% methylene blue 용액에 24시간 동안 담근 후 꺼내어 흐르는 물에 깨끗이 세척하고 여분의 색소와 utility wax를 제거하였다.

3) 미세누출 및 침투도 평가

규격화된 원형의 주형에 치아를 고정시키고 epoxy resin에 매몰시킨 뒤 Isomet low speed diamond wheel saw (Model 650, South Bay Technology, USA)를 이용하여 협설 방향으로 절단하여 소와 열구의 수직 단면을 노출시키고 주수 하에서 100, 1200, 2400, 4000 grit의 silicon carbide paper로 연마하였다 (Fig. 1). 노출된 절단면의 미세누출과 침투도는 입체현미경(Olympus SZ61®, Japan)을 이용하여 40배율로 관찰하였다.

(1) 침투도

Hevinga 등[31]이 제시한 기준에 따라 열구 내로 침투가 전혀 없는 경우 (score 0), 열구의 1/2 미만까지 침투한 경우 (score 1), 1/2 이상 침투했으나 기저부의 끝까지는 미치지 않은 경우 (score 2), 열구 기저부 끝까지 완전히 침투한 경우 (score 3)로 분류하여 평가하였다(Fig. 1, 2).

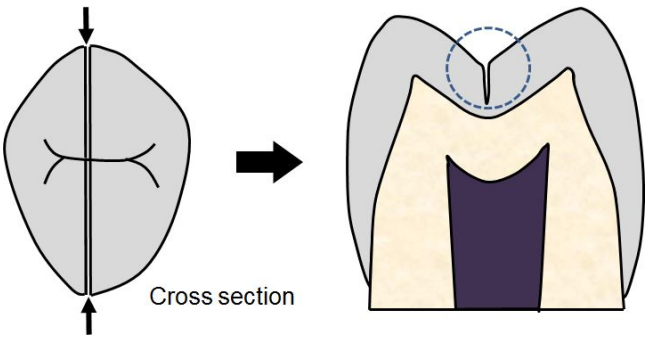

Fig. 1. Cross section of samples in bucco-lingual direction for evaluation of the

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

penetration depth and the microleakage.

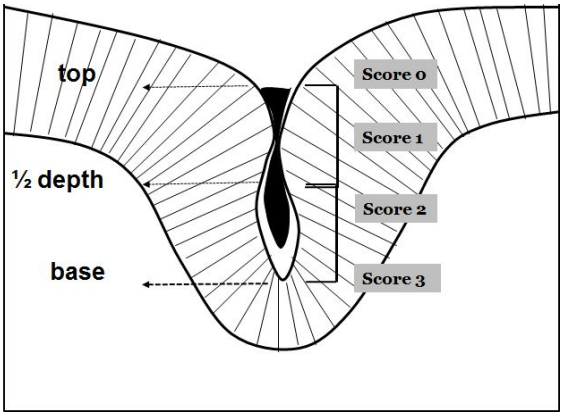

Fig. 2. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the penetration depth.

(2) 미세누출

열구내 법랑질 표면과 치면열구전색제의 계면으로 침투한 methylene blue 용액의 침투 깊이를 측정하였고 침투도 측정과 같은 기준에 의해 평가하였다 (Fig. 3).

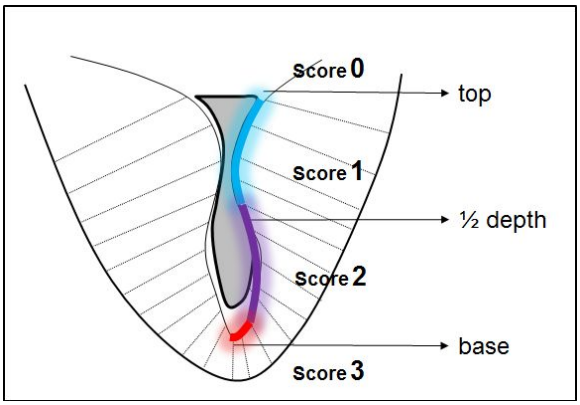

Fig. 3. Schematic diagram of the cross-sectioned specimen for measuring the microleakage.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4) 주사전자현미경(SEM)을 이용한 열구 내 침투 및 접촉상태 관찰

열구내 침투상태와 법랑질과의 접촉상태를 평가하기 위해 위에서 기술한 바와 같은 재료와 도포방법에 따른 4개 그룹의 치아 시편 각 30개를 협설로 절단하여 열구의 단면을 노출시키고 주수 하에서 100, 1200, 2400, 4000 grit의 silicon carbide paper로 연마하였다. 연마된 표면은 17% EDTA로 10초간 부식시킨 후 물로 15초간 세척하고 압축공기로 건조시켰다. 열구 단면의 미세구조를 관찰하기 위해 주사전자현미경 (JEOL JSM-840A, JEOL CO., Japan)을 이용하였다. 시편들을 진공 데시게이터를 이용하여 충분히 건조시켜준 다음 2kV, 20mA의 전압과 4×10-2 bar/pa의 진공상태에서 Ion sputter (E-1030, Hitachi, Japan)를 이용하여 도금처리를 하였다. 열구는 입구(orifice), 벽(wall), 기저부(base)로 나누어 관찰하였다. 열구의 형태, 치면열구전색제의 침투도와 열구와의 접촉상태를 각각 관찰하였다.

5) 통계 분석

치면열구전색제의 미세누출과 침투도에 대한 전체 실험군의 유의성 검증은 통계 프로그램인 SPSS Version 23에서 Fisher's exact test를 사용하였고 각 군간의 유의성은 Mann-Whitney test로 유의수준 95%(p=0.05)에서 검증하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. 연구 결과

1) 침투도 평가

각 군에 따른 치면열구전색 후 침투도의 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$) (Table 2). 모든 군 공히 열구 깊이의 1/2이상 침투하였으나 기저부까지는 침투하지 않은 score 2에 가장 많이 분포하였으며 다음으로 열구 깊이의 1/2이하로 침투한 score 1, 그리고 기저부까지 침투한 score 3 순으로 분포하였다. 열구 입구로 흘러 들어가지 않은 score 0은 제2군에서 1개 분포하였다.

각 침투도에 대한 군별 분포를 비교해 볼 때 score 1은 제2군과 제3군이 제1군과 제4군에 비해 유의하게 많이 분포했으며($p<0.05$) score 2는 모든 군이 비슷하게 분포하였고 score 3은 제4군이 가장 많았으며 ($p<0.05$) 제1군이 제2군에 비해 많았다 ($p<0.05$).

각 군별 침투도를 비교해 볼 때, 열구성형술을 시행하고 bonding agent를 도포한 후 유동성 레진을 적용한 제4군이 다른 유동성 레진 도포군인 제2군과 3군에 비해 침투도가 크게 나타났다($p<0.05$).

레진 전색제인 제1군이 bonding agent를 사용하지 않은 유동성 레진 도포군인 제2군에 비해 침투도가 크게 나타났으나($p<0.05$) 다른 유동성 레진 도포군인 제3군과 제4군과는 침투도 분포의 차이가 없었다(Fig. 4).

이상의 결과를 종합해 보면 열구성형술을 시행한 후 유동성 레진을 도포할 경우 열구성형술을 시행하지 않고 유동성 레진을 도포한 경우보다 침투도가 높으며 레진 전색제와 유사한 침투도를 보이는 것으로 나타났다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. Distribution of samples by the penetration scores

Group	Penetration score				Number	p-value
	0	1	2	3		
Ⅰ	0	8	18	4	30	0.030*
Ⅱ	1	14	15	0	30	
Ⅲ	0	12	16	2	30	
Ⅳ	0	5	18	7	30	

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

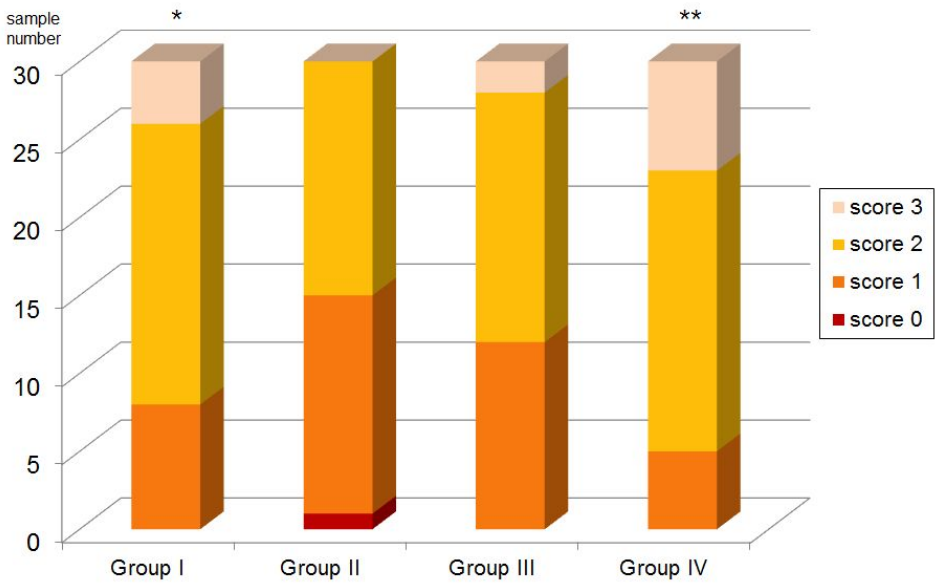

Fig. 4. Comparison of penetration scores among groups

** : showed deeper penetration than group II and group III ($p<0.05$)

* : showd deeper penetration than group II ($p<0.05$).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2) 미세누출도

각 군에 따른 미세누출의 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$) (Table 3). 각 군 공히 미세누출이 전혀 없는 score 0에 가장 많이 분포하였으며 다음으로 score 1, score 2 순으로 분포하였다.

미세누출 정도에 따른 군별 분포를 비교해 볼 때 미세누출이 전혀 없는 score 0은 제4군에서 가장 많이 관찰되었으며 제2군에서 가장 적게 관찰되었다($p<0.05$). 미세누출이 가장 많은 score 3은 제4군에서 관찰되지 않았으나 제1군과 제3군에 비해 통계적인 유의성은 없었다. 그러나 제2군에 비해서는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

각 군별로 미세누출을 비교해 볼 때, 열구성형술을 시행하고 bonding agent를 도포한 후 유동성 레진을 적용한 제4군이 다른 유동성 레진 도포군인 제2군과 3군, 그리고 레진 전색제를 도포한 제1군에 비해 미세누출이 적게 나타났다($p<0.05$).

레진 전색제를 도포한 제1군과 bonding agent를 적용한 후 유동성 레진을 도포한 제3군은 bonding agent를 사용하지 않고 유동성 레진만 도포한 제2군에 비해 낮은 미세누출을 보였으나($p<0.05$) 제1군과 제3군 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 5).

Table 3. Distribution of specimens by microleakage scores

Group	Microleakage score				Number	p-value
	0	1	2	3		
I	17	7	4	2	30	0.035*
II	12	9	5	4	30	
III	16	7	5	2	30	
IV	23	5	2	0	30	

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

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

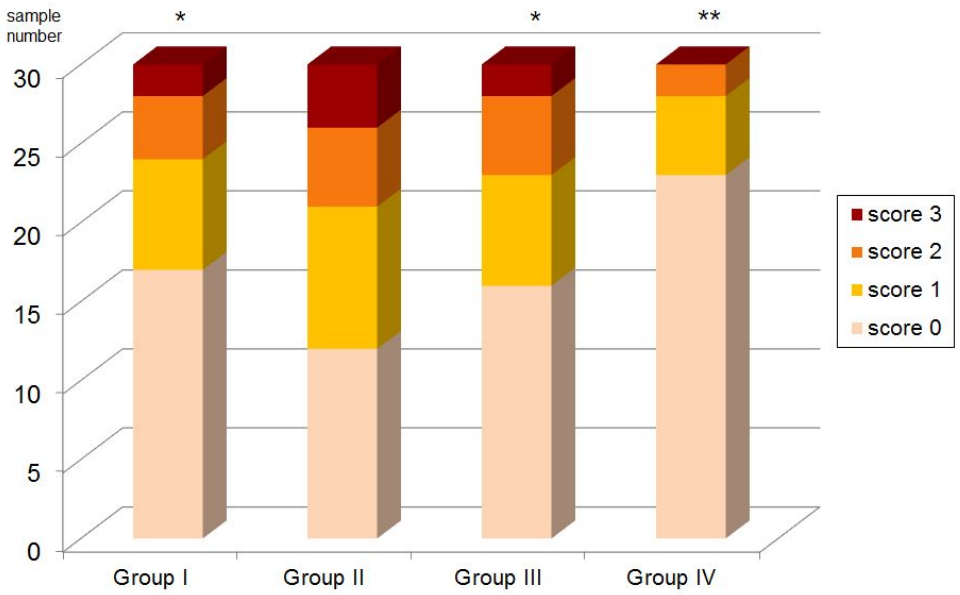

Fig. 5. Comparison of microleakage among groups

** : showd least microleakage compared to other groups ($p<0.05$)

* : showed less microleakage than group II ($p<0.05$)

3) 주사전자현미경 관찰

레진 전색제인 제1군의 표본들에서는 침투력이 좋고 열구벽과 긴밀한 접촉을 보여주었으나 침투상태는 열구의 형태에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 6 A, B).

bonding agent를 사용하지 않고 유동성 레진을 도포한 제2군에서는 대체적으로 침투력이 좋지 않고 열구벽과의 긴밀한 접촉을 보여주지 못한 표본이 많이 관찰되었다(Fig. 7 A, B). bonding agent를 사용하고 유동성 레진을 도포한 제3군의 표본들에서는 침투력이 레진 전색제와 비슷하게 나타났고 열구벽과의 접촉상태도 긴밀하였으나 열구의 형태에 의해 침투력이 영향을 받는 것으로 관찰되었다(Fig. 8 A,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B).

열구성형술을 시행한 후 유동성 레진을 도포한 제4군의 경우 침투력이 우수하고 열구벽과의 접촉상태도 긴밀하였으나 열구성형술의 상태에 따라 침투력이 다르게 나타나 technique-sensitive함을 보여주고 있다(Fig. 9 A, B).

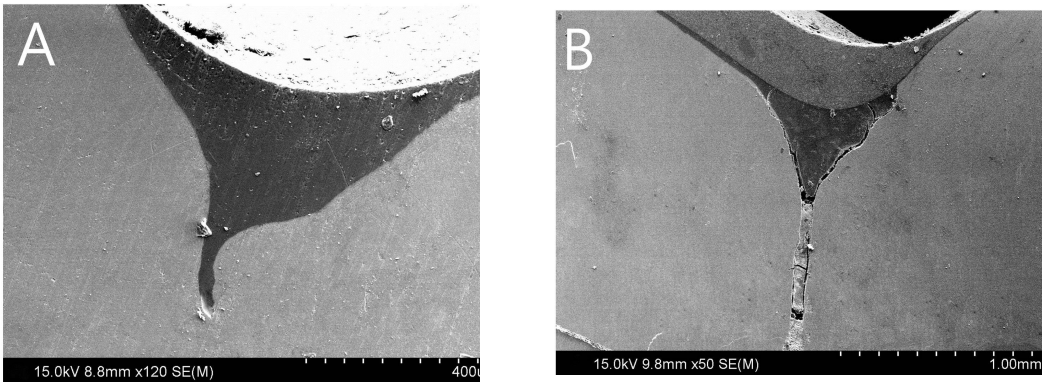

Fig. 6. SEM images of samples in group I.

A. U-shaped fissure with complete penetration and adaptation.

B. I-shape fissure with incomplete penetration due to presence of organic material in the fissure.

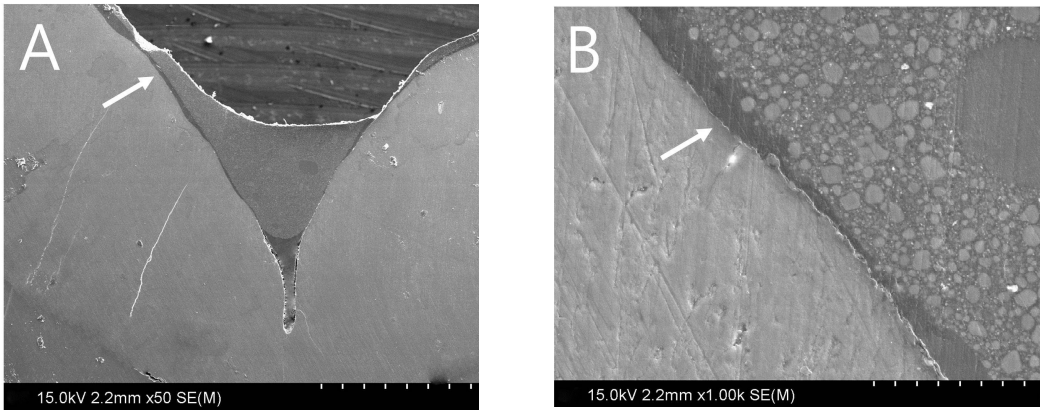

Fig. 7. SEM images of samples in group II.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

A. U-shaped fissure with incomplete penetration of flowable resin. Loose adaptation of flowable resin (arrow) to fissure wall was observed.

B. Fissure wall showing loose adaptation (arrow) of flowable resin.

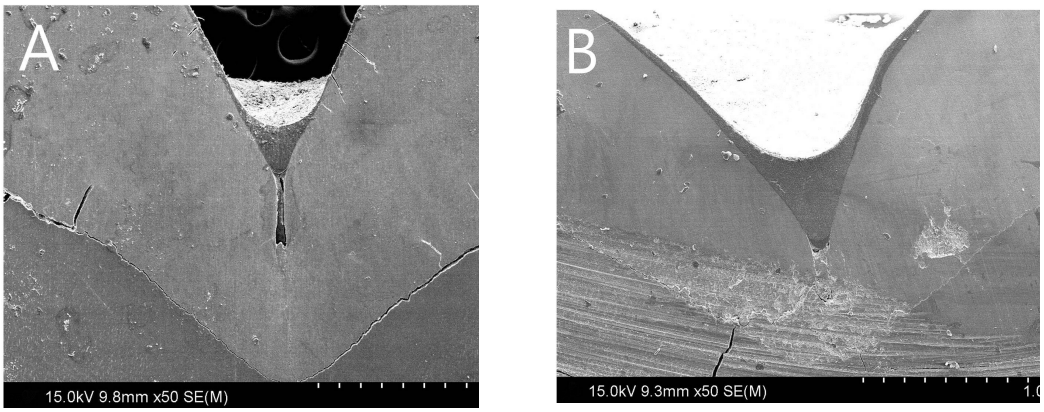

Fig. 8. SEM images of samples in group III.

A. I-shape fissure with incomplete penetration.

B. U-shape fissure with complete penetration.

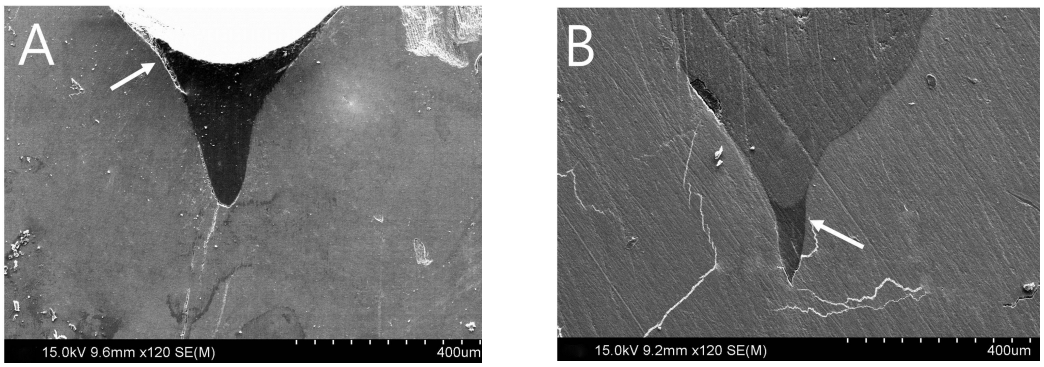

Fig. 9. SEM images of samples in group IV.

A. Fissure with fissurotomy showing complete penetration of flowable

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

resin. Loose adaptation of flowable resin (arrow) to fissure wall was observed.

B. Fissure with fissurotomy showing incomplete penetration (arrow) of flowable resin.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 총괄 및 고찰

치아우식증은 치아표면의 12.5%만을 차지하는 교합면에 어린이 치아우식증의 2/3이상이 발생하고 있는데[32] 이와 같은 교합면 우식증 예방을 위해 치면열구전색법이 널리 사용되어지고 있다[33]. 치면열구전색은 교합면 치아우식에 탁월한 예방효과를 가지고 있음에도 유지력이 문제점으로 지적되어 유지력을 높이기 위한 전색방법 및 물성이 개선된 재료가 개발되고 있다. 전색제의 유지력은 우식예방 효과와 밀접한 관련이 있는 요건으로 전색제의 유지 및 소실에 관해 많은 연구가 이루어져 왔다[34-36].

치면열구전색제의 치아우식 예방기능은 치면열구전색제가 적용된 후 탈락되지 않고 장기간 열구내의 치질과 결합하고 있을 경우에만 가능한데[37,38] 이러한 치면열구전색 유지는 열구 입구에서 법랑질과 치면열구전색제의 결합력 뿐 아니라 열구 기저부까지의 침투정도에 영향을 받는다[39,40].

Lee[41]는 치면열구전색제의 열구 내로의 침투는 유지력을 위한 가장 중요한 요소이다라고 하였으며 근본적으로 열구의 해부학적 형태에 영향을 많이 받는다고 하였다. Nagano[42]는 교합면 열구의 형태를 4가지로 나누어 제시한 바 있는데, 이중 K형이나 I형은 U형이나 V형에 비해 잇솔질에 치태가 잘 제거되지 않으며 또한 치면열구전색제의 침투도 어렵다고 알려져 있다[43].

근래에 수복치료 분야에서 “예방적 확대” 개념이 확대를 지양하는 보존적인 수복의 개념으로 변화하면서 "preventive resin restoration"이란 차원을 넘어 최소침습(minimal intervention)이란 보존적인 접근이 이루어지고 있다[44].

이와 같은 관점에서 최근에 유동성 레진이 치면열구전색을 위해 사용하는 예가 늘고 있으며 일부 학자들은 적어도 얕고 넓은 열구에서는 유동성 레진이 레진 전색제보다 침투도가 높다고 보고하고 있다[45,46].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

따라서 본 연구에서는 치면열구전색 목적으로 사용이 점차 증가되고 있는 유동성 레진과 기존의 레진 전색제를 침투도 및 미세누출면에서 비교, 평가하고 이와 함께 열구성형술이 유동성 레진의 침투도에 미치는 영향을 평가하여 치면열구전색제로서의 사용 가능성을 규명하고자 하였다.

해부학적으로 열구의 구조가 너무 좁고 깊거나 U-shape인 경우 일차적으로 치면열구성형술을 시행하는 것이 치면열구전색제의 침투에 도움을 줄 수 있다[41]. Taylor 등은 치면열구전색제의 침투에 영향을 주는 요인으로 치아교합면의 기하학적 형태, 열구 내 침착물의 존재여부, 전색제의 물리적, 화학적 특성 등을 열거하였다[15].

Hyatt는 1923년에 해부학적 불리함을 극복하기 위해 우식병소가 진행되기 전에 깊은 소와나 열구에 예방적 치아 절제술(prophylactic odontomy)을 소개하였다[47]. 치면열구성형술은 회전삭제기구를 이용하여 열구를 넓혀주는 기계적 처리 즉, 법랑질성형술은 하부의 탈회를 더 잘 진단할 수 있게 해주고, debris를 제거해주며, 전색제가 더 깊게 침투되게 하고, 표면적을 증가시켜 전색제의 유지력을 향상시킨다고 하였다[48-50].

Hicks[51]는 치면열구전색 후에 변연누출이 야기된다고 보고하였으며, 전색제와 치질간 열팽창계수의 차이로 인해 구강 내 온도변화에 영향을 받아 변연누출이 일어나며 중합수축의 차이, 교합에 의해서도 변연누출이 야기된다고 하였다. 전색제의 미세누출을 막는 것은 전색제의 중요한 요구사항이다. 미세누출이 치면열구전색제 하방으로 우식을 발생시킬 수 있기 때문[52]이고 활동성 우식이 있는 열구 전색 시 우식이 열구 내에 남아 있더라도 미세누출이 안되면 전색 후 우식부에 남아있는 미생물의 수는 급격히 감소하여 우식의 진행이 정지하고, 그렇지 않을 경우에는 치아우식이 전색제 하방으로 계속해서 진행된다는 많은 연구가 있다[52-55].

미세누출의 연구에서 발생할 수 있는 문제점은 모든 와동벽에서 균일하게 미세누출이 일어나지 않으며 이것을 총체적으로 확인하기 어렵다는 점이다[56]. 본 연구

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에서도 시편을 협설 방향으로 절단하여 소와 열구의 수직 단면 영상을 기준으로 미세누출 정도를 평가하였기 때문에 3차원적인 관찰이 불가한 단점은 추후 임상연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

최근 치면열구전색제로 유동성 레진이나 컴포머를 사용하는 경우가 많아지고 있는데 Autio-Gold[17]는 전통적인 전색제와 비교할 때 유동성 레진이 유지력면에서 더 떨어진다고 하였으며 Duangthip과 Lussi[57]는 유동성 레진이 레진 전색제에 비해 미세누출이 더 컸다고 보고하였다. Chaitra[58] 등은 유동성 레진이 레진 전색제에 비해 미세누출이 컸다고 하였다. 그 이유로 중합수축이 작은 레진 전색제에 비해 중합 시 수축이 더 많이 야기되기 때문이라고 하였다.

본 연구에서는 유동성 레진이 레진 전색제에 비해 침투도와 미세누출면에서 유사한 결과를 보이고 있는데 이와 같이 본 연구에서는 두 재료 사이의 미세누출 차이가 없게 나타난 이유는, 본 연구에서 사용한 레진 전색제로서 Clinpro®는 필러가 전혀 없는 것이 아니라 7%의 필러가 함유되어 있고, Filtekflow®는 50% 전후의 필러를 함유하고 있으며 나노필러를 사용하고 기질의 탄성도를 높여 중합수축을 최소화하였기 때문이라고 사료된다. 따라서 각 연구에서 사용한 재료에 따라 다소 다른 결과가 나올 수 있을 것으로 추정된다.

본 연구 결과 열구성형술을 시행한 경우 유동성 레진이 오히려 레진 전색제에 비해 미세누출이 작게 나타났는데, 이는 열구성형술에 의해 침투가 더 잘 이루어진 이유도 있겠지만 산부식이 잘 되지 않은 열구 내부의 무소주법랑질(prismless enamel) 표층을 제거해 줄 경우 산부식 효과를 증진시킬 수 있단 연구보고들[59,60]을 근거로 할 때, 열구성형술이 무소주법랑질층을 제거하여 치질과의 접착력을 향상시킨 것으로 추정할 수 있다. 이밖에 유동성 레진의 경우 bonding agent를 사용함으로써 침투도를 증가시키고 미세누출을 줄여주었을 것으로 사료된다.

치면열구전색제의 중요한 요건중의 하나가 흐름성이 커야 하는데 여러 연구[61,62]에서 흐름성이 크거나 혹은 점주도가 낮은 재료들이 열구내로의 침투도 커서 전색

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

효과가 더 크다고 보고하고 있다.

이와 같은 연구들에 근거하면 유동성 레진들은 레진 전색제에 비해 흐름성이 낮아 열구내로의 침투도가 떨어질 수 있다. 그러나 유동성 레진은 bonding agent를 사용함으로써 이런 단점을 극복할 수 있을 것으로 사료되며 열구성형술을 시행하여 침투도의 문제점을 보완할 수 있다고 생각된다.

Feigal 등[63]은 전색제와 bonding agent를 함께 사용하는 데 대해 유익한 영향을 보고한 바 있으며 Gillet 등[64]은 유동성 레진의 경우 bonding agent를 사용하므로 시간 소모가 더 많아지지만 열구내로의 침투도를 증가시키고 미세누출을 줄여줄 수 있어 치면전색제로서의 사용이 가능하다고 하였다.

또한 열구성형술이 유동성 레진의 침투를 증가시켜준다는 여러 연구들이 있는데, Kakaboura[45] 등은 입구가 넓은 열구는 레진 전색제와 유동성 레진간의 침투도에 있어서 차이가 없으나 좁고 긴 열구에서는 침투도에 있어서 차이가 있으며 이 경우 열구성형술을 통해 유동성 레진의 침투도를 증가시켜줄 수 있다고 하였다. Bagherian 등[65], Singla 등[66]도 열구 입구를 넓게 해줌으로써 유동성 레진의 전색효과를 증진시켜 줄 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 유동성 레진끼리 도포방법을 다르게 하여 비교한 결과 열구성형술을 시행한 제4군이 제3군과, 제2군에 비해 침투도와 미세누출이 유의하게 차이가 있는 것으로 나타나 위와 같은 연구결과를 다시 한번 입증하고 있다.

그러나 주사전자현미경으로 각 표본의 미세누출과 열구법랑질과의 접착상태를 관찰한 결과 재료와 도포방법 뿐 아니라 열구의 형태에 의해서도 상당한 영향을 받는 것으로 나타났다. 여러 학자들[43,67]도 열구의 형태가 치면열구전색제의 침투도와 유지력에 상당한 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다.

열구의 형태에 따라 침투도의 차이가 있다는 위와 같은 연구 결과들을 근거해 볼 때 본 연구는 자연치를 사용함으로써 열구 형태를 표준화할 수 없었다는 점이 본 연구 한계점으로 지적될 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이상의 결과를 종합해 보면 유동성 레진은 치면열구전색제로서의 사용이 가능하며 열구성형술을 통해 전색의 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 생각되며, 따라서 최소 침습치료를 위한 재료 뿐 아니라 치면열구전색을 위한 재료로서도 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

1. 각 군별 침투도를 비교해 볼 때, 열구성형술을 시행하고 bonding agent를 도포한 후 유동성 레진을 적용한 제4군이 다른 유동성 레진 도포군인 제2군과 3군에 비해 침투도가 크게 나타났다($p<0.05$).

2. 레진 전색제를 도포한 제1군이 bonding agent를 사용하지 않은 유동성 레진 도포군인 제2군에 비해 침투도가 크게 나타났으나($p<0.05$) 다른 유동성 레진 도포군인 제3군과 제4군에 비해 침투도 분포의 차이가 없었다.

3. 각 군별로 미세누출을 비교해 볼 때, 열구성형술을 시행하고 bonding agent를 도포한 후 유동성 레진을 적용한 제4군이 다른 유동성 레진 도포군인 제2군과 3군, 그리고 레진 전색제를 도포한 제1군에 비해 미세누출이 적게 나타났다($p<0.05$).

4. 레진 전색제를 도포한 제1군과 bonding agent를 적용한 후 유동성 레진을 도포한 제3군은 bonding agent를 사용하지 않고 유동성 레진만 도포한 제2군에 비해 낮은 미세누출을 보였으나($p<0.05$) 제1군과 제3군 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

5. 주사전자현미경상에서 열구의 형태에 따라 침투도의 차이가 관찰되었으며 또한 열구성형술의 여부나 정도에 따라 침투도의 차이가 관찰되었다. bonding agent를 사용하지 않은 유동성 레진 도포군은 열구 내면의 법랑질 표면과 긴밀한 접착이 이루어지지 않았다.

이상의 결과를 종합해보면 열구성형술을 시행한 후 유동성 레진을 도포한 경우가 레진 전색제 도포군과 유사한 침투도를 보였으며 열구성형술을 시행하지 않거나 bonding agent를 사용하지 않은 유동성 레진 도포군에 비해 침투도가 높게 나타났다.

또한 열구성형술을 시행한 후 유동성 레진을 도포한 경우가 다른 군에 비해 가장 적은 미세누출을 보였으며 레진 전색제 도포군과 bonding agent를 도포한 유동

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

성 레진 도포군은 비슷한 미세누출도를 보였다.

따라서 유동성 레진은 치면열구전색제로서의 적용이 가능하며 열구성형술을 시행할 경우 침투도를 높일 수 있는 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고 문헌

1. Ripa LW : Sealants revisted : An update of the effectiveness of pit and fissure sealants. *Caries Res* 27:77-82, 1993.
2. Oulis CJ, Tsinidou K, Vadiakas G, Mamai-Homata E, Polychronopoulou A, Athanasouli T : Caries prevalence of 5, 12 and 15-year-old Greek children: A national pathfinder survey. *Community Dent Health,* 9(1):29-32, 2012.
3. Gwinnett AJ : Human prismless enamel and its influence on sealant penetration. *Arch Oral Biol*, 18:441-444, 1973.
4. Rohr M, Makinson OF, Burrow MF : Pits and fissures: Morphology. *J Dent Child*, 58:67-103, 1991.
5. Penning C, Van Amerogen JR, Seef RE, Ten Cate JM : Validity of probing for fissure caries diagnosis. *Caries Res*, 26:445-449, 1992.
6. Beauchamp J, Caufield PW, Crall JJ : Evidence-based Clinical recommendations for the use of Pit and fissure Sealants: A Report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc*, 139(3):257-267, 2008.
7. Ahovuo-Saloranta A, Hiiri A, Nordblad A, Mäkelä M, Worthington HV : Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 8;(4):CD001830, 2008.
8. Jodkowska E : Efficacy of pit and fissure sealing: Long-term clinical observations. *Quintesse Int*, 39(7):593-602, 2008.
9. Yengopal V1, Mickenautsch S, Bezerra AC, Leal SC : Caries-preventive effect of glass ionomer and resin-based fissure sealants on permanent teeth: a

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

meta analysis. *J Oral Sci*, 51(3):373-82, 2009.

10. Ekfeldt A, Flöystrand F, Oilo G : Replica techniques for in vivo studies of tooth surfaces and prosthetic materials. *Scand J Dent Res*, 93(6):560-565, 1985.
11. Futatsuki M, kubota K, Yeh YC Park K, et al. : Early loss of pit and fissure sealant: a clinical and SEM study. *J Clin Pediatr Dent*. 19(2):99-104, 1995.
12. Borem LM, Feigal RJ : Reducing microleakage of sealants under salivary contamination: digital-image analysis evaluation. *Quint Int*, 25(4):283-289, 1994.
13. Kanemura N, Sano H, Tagami J : Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*, 27:523-530, 1990.
14. Kim JW, Jang KT, Lee SH, et al. : Effect of curing method and curing time on the microhardeness and wear of pit and fissure sealants. *Dent Mater*, 18(2):120-127, 2002.
15. Taylor CL, Gwinnett AJ : A study of the penetation of sealants into pit and fissure. *J Am Dent Assoc*, 87:1181-1188, 1973.
16. Gwinnett AJ : The ultrastructure of the "prismless" enamel of permanent human teeth. *Archs Oral Biol*, 12(3):381-387, 1967.
17. Autio-Gold JT : Clinical evaluation of a medium-filled flowable restorative material as a pit and fissure sealant. *Oper Dent*, 27:325-329, 2002.
18. Rock WP, Weatheril S, Anderson RJ : Retention of three fissure sealant resins. The effects of etching agent and curing method. Results over 3 years. *Br Dent J*, 168(8):323-325, 1990.
19. Boksman L, Gratton DR, McCutcheon EM, et al. : Clinical evaluation of a

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

glass-ionomer cement used as a fissure sealant. *Quintessence Int*, 18:707-709, 1987.

20. Uribe S : No evidence to support use of glass ionomer as a fissure sealant in primary molars. *Evid Based Dent*, 6:35, 2005.
21. Feigal RJ : The use of pit and fissure sealants. *Pediatr Dent*, 24:415-422, 2002.
22. Savage B, McWhorter AG, Kerins CA, Seale NS : Preventive resin restorations: Practice and billing patterns of pediatric dentists. *Pediatr Dent*, 31:210-215, 2009.
23. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, et al. : A characterization of first-generation flowable composite. *J Am Dent Assoc* 129(5):567-577, 1998.
24. Clinical Research Associate : Flowable resins: status report No.1. *CRA Newsletter 21*, special issue 2, 1997.
25. Kenneth WA : Esthetic dentistry. 2nd Ed, *Mosby, Inc* 70-71, 2001.
26. Erdemir U, Sancakli HS, Yaman BC, Ozel S, Yucel T, Yildiz E : Clinical comparison of a flowable composite and fissure sealant: A 24-month split-mouth, randomized, and controlled study. *J Dentistry*, 42(2):149-157, 2014.
27. 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)*, 7(1):1-5, 2010.
28. Aguilar FG, Drubi-Filho B, Casemiro LA, Watanabe MGC, Pires-de-Souza FCP : Retention and penetration of a conventional resin-based sealant and a photochromatic flowable composite resin placed on occlusal pits and fissures. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 25(4):169-173, 2007.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

29. Oba AA, Sönmez IŞ, Ercan E, Dülgergil T : Comparison of Retention Rates of Fissure Sealants Using Two Flowable Restorative Materials and a Conventional Resin Sealant: Two-Year Follow-Up. *Med Princ Pract*, 21(3):234-237, 2012.

30. Chaitra TR, Subba Reddy W, Devarasa GM, Ravishankar TL : Microleakage and SEM Analysis of Flowable Resin Used as a Sealant Following Three Fissure Preparation Techniques-An *in vitro* Study. *J Clin Pediatr Dent* 35(3):277-282, 2011.

31. Hevinga MA, et al. : Microleakage and sealant penetration in contaminated carious fissures. *J Dent*, 35:909-914, 2007

32. Waggoner WF, Siegal M : Pit and fissure sealant application: Updating the technique. *J Am Dent Assoc*, 127:351-361, 1996.

33. Cueto EI, Buonocore MG : Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *J Am Dent Assoc*, 75:121-128, 1967.

34. Charbeneau GT, Dennison JB, Ryge G : A filled pit and fissure sealant : 18-month results. *J Am Dent Assoc*, 95:299-306, 1977.

35. Horowitz HS, Heifetz SB, Poulsen S : Retention and effectiveness of a single application of an adhesive sealant in preventing occlusal caries : final report after five years of study in Kalispele, Montana. *J Am Dent Assoc*, 95:1133-1139, 1977.

36. Ripa LW, Cole WW : Occlusal sealing and caries prevention ; results 12 months after a single application of adhesive resin. *J Dent Res*, 49:171-173, 1970.

37. Feldens EG, Feldens CA, De Araujo FB, et al. : Invasive technique of pit and fissure sealants in primary molars: a SEM study. *J Clin Pediatr Dent*,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

18:187-190, 1994.

38. Geiger SB, Gulayev S, Weiss EI, et al. : Improving fissure sealant quality: mechanical preparation and filling level. *J Dent*, 28:407-412, 2000.

39. Symons AL, Chu CY, Meyers IA : The effect of fissure morphology and pretreatment of the enamel surface on penetration and adhesion of fissure sealants. *J Oral Rehabil*, 23:791-798, 1996.

40. Carlos JP, Colier DR, Dennison JB, et al. : Pit and fissure sealant use: an issue explored. *J Am Dent Assoc*, 108:310-322, 1984.

41. Lee SH : Retention of pit and fissure sealant. *J Korean Acad Pediatr* Dent, 33:336-346, 2006.

42. Nagano T : The form of pit and fissure and the primary lesion of caries. *Dent Abstract.* 6: 426, 1960.

43. 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

44. Banerjee A, Thompson ID, F Watson T : Minimally invasive caries removal using bio-active glass air-abrasion. *J Dent*, 39:2-7, 2011.

45. Kakaboura A, Matthaiou L, Papagiannoulis L : In vitro study of penetration of flowable resin composite and compomer into occlusal fissures. *Eur J Paediatr Dent*, 3: 205-209, 2002.

46. Kucukyilmaz E, Savas S : Evaluation of Different Fissure Sealant Materials and Flowable Composites Used as Pit-and-fissure Sealants: A 24-Month Clinical Trial. *Pediatr Dent,* 37: 468-473, 2015.

47. Hyatt TP : Prophylactic odontomy. *Dent Cosmos*, 65:234-236, 1923.

48. Garcia-Godoy F, de Araujo FB : Enhancement of fissure sealant penetration

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

and adaptation: The enameloplasty technique. *J Clin Pediatr Dent*, 19:13-18, 1994.

49. Salama FS, Al-Hammad NS : Marginal seal of sealant and compomer materials with and without enameloplasty. *Int J Paediatr Dent*, 12:39-46, 2002.

50. Kim JY, Lee JH, Park KT, et al. : The Fissure penetration and microleakage of pit and fissure sealant with mechanical preparation. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 32:164-173, 2005.

51. Hicks MJ : Preventive resin restoration: etching patterns, resin tag morphology and the enamel-resin interface. *ASDC J Dent Child*, 51:116-123, 1984.

52. Hatibovic-Kofman S, Wright GZ, Braverman I : Microleakage of sealant after conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Pediatr Dent*, 20(3):173-176, 1998.

53. Xalabarde A, Garcia-Godoy F, Boj JR, et al. : Microleakage of fissure sealants after occlusal enameloplasty and thermocycling. *J Clin Pediatr Dent*, 22:231-235, 1998.

54. Duangthip D, Lussi A : Microleakage and penetration ability of resin sealant versus bonding system when applied following contamination. *Pediat Dent*, 25:505-511, 2003.

55. Jang MJ : Aa experimental study on the marginal sealing and the penetration of pit and fissure sealant. *J Korean Acad Pediatr Dent,* 17:78-90, 1990.

56. Park JE, Kim JS, You SH : The study on the microleakage pattern of flowable composite resin restorations according to the type of adhesive

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 35:456-468, 2008.

57. Duangthip D, Lussi A: Variables contributing to the quality of fissure sealants used by general dental practitioners. *Oper Dent*, 28:756-764, 2003.
58. Chaitra TR, Subba Reddy VV, 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 Prevent Dent*, 28:145-150, 2010
59. Burrow MF, Burrow JF, Makinson OF : Pits and fissures: Etch resistance in prismless enamel walls. *Aust Dent J*, 46:258-262, 2001.
60. 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.
61. Reddy VR, Chowdhary N, Mukunda KS, et al : Retention of resin-based filled and unfilled pit and fissure sealants: A comparative clinical study. *Contemp Clin Dent*, 6(Suppl 1):S18-23, 2015.
62. Irinoda Y, Matsumura Y, Kito H, et al : Effect of sealant viscosity on the penetration of resin into etched human enamel. *Oper Dent*, 25:274-82, 2000.
63. Feigal RJ, Musherure P, Gillespie B, et al. : Improved sealant retention with bonding agents: a clinical study of two-bottle and single-bottle systems. *J Dent Res*, 79:1850-1856, 2000.
64. Gillet D, Nancy J, Dupuis V, et al. : Microleakage and penetration depth of three types of materials in fissure sealant: self-etching primer vs etching: an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*, 26:175-178, 2002.
65. Bagherian A, Akbari M, Rezaeian M, Ansari G : Microleakage assessment of fissure sealant following fissurotomy bur or pumice prophylaxis use before

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

etching. *Dent Res J*, 10:643-646, 2013.

66. Singla A, Garg S, Jindal SK, et al. : In vitro evaluation of marginal leakage using invasive and noninvasive technique of light cure glass ionomer and flowable polyacid modified composite resin used as pit and fissure sealant. *Indian J Dent Res*, 22:205-209, 2011.

67. 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.

Collection @ chosun