

Microleakage Assessment of Resin Infiltration Combined Restoration in Artificial Decalcified-Cavitated Lesion

Eunjeong Jang, Soyoung Park, Jonghyun Shin, Shin Kim, Taesung Jeong

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University

Abstract

This study was performed to evaluate the restoration combined with resin infiltration (RI) of early cavitated smooth surface caries lesion in terms of microleakage. Flowable resin and resin-modified glass ionomer cement (RMGIC) were compared.

Sound 20 extracted 3rd molars were divided into 2 groups randomly. Artificial decalcified lesion was induced. Cavities were prepared on the mesial and distal surfaces, and randomly set as experimental and control group. RI was applied to the experimental group before cavity restoration. The control group was restored without RI. In group I and II, flowable resin and RMGIC was used for restoration respectively. After thermocycling and silver nitrate immersion, microleakage was assessed by μ -CT.

Depth of microleakage was lower in experimental group than control group only in group II ($p = 0.05$). Microleakage depth was lower in group II than group I in both experimental and control groups ($p = 0.05$).

RI pretreatment before restoration of early cavitated caries lesions might reduce the microleakage and help long-term maintenance of restoration. In this study, RMGIC was less polymerization shrinkage. Restoration with RMGIC after RI pretreatment reduced the microleakage of the restoration compared to the flowable resin.

Key words : Minimal invasive dentistry, Resin infiltration, Early cavitated caries lesion, Microleakage

I. 서 론

우식 병소의 기계적인 삭제와 수복은 반복적인 수복 치료를 받을 가능성을 높이고 이는 치아를 평생 기능적으로 유지하기 어렵게 만드는 요인이 된다[1]. 최근 최소 침습적 치료 방법이 주목받고 있다. 이에 따르면 세균에 감염되거나 탈회된 조직을 반드시 제거할 필요는 없다. 치질을 최대한 보존하여 적절히 기능하는 치아-수복물 복합체를 가급적 오래 유지하는 것이 수복 치

료의 목적이라고 하였다[2]. 우식에 이환된 조직을 제거하는 목적은 장기간 성공적으로 수복물을 유지하기 위함이며, 특히 치수에 근접한 탈회 상아질은 제거하지 않는 것을 추천하였다[3].

최소 침습적 치료방법이 주목받게 됨에 따라 최근 우식을 기계적으로 제거하는 대신 병소의 표층을 봉쇄하여 우식을 저지하는 방법이 개발되었다. 레진 침투법은 초기 우식 병소의 탈회된 다공성 치질에 저점도 레진을 침투시켜 병소의 표층을 폐쇄시킴으로써 유기산의 침투를 억제하고 치아 구조를 보존할 수 있는

Corresponding author : Taesung Jeong

Department of Pediatric Dentistry and Institute of Transitional Dental Sciences, School of Dentistry, Pusan, National University & Dental Research Institute of Pusan National University Dental Hospital, 20, Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan, 50612, Republic of Korea
Tel: +82-55-360-5181 / Fax: +82-55-360-5174 / E-mail: tsjeong@pusan.ac.kr

Received November 5, 2019 / Revised December 6, 2019 / Accepted December 3, 2019

※This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

방법으로 소개 되었다[4,5]. 이 방법을 이용하면 기존에는 삭제의 대상이었던 초기 우식 병소를 보다 보존적인 방법으로 치료할 수 있다는 장점이 있다.

소아치과 임상에서 가장 흔히 발견하게 되는 영구치의 초기 우식은 주로 제2유구치가 탈락한 후 노출되는 제1대구치 근심면에 나타난다. 이러한 병소는 백색반점을 보이며 미세한 와동 형성을 동반하는 경우가 흔하다. 와동이 형성된 경우 우식 병소는 법랑-상아 경계를 넘어 상아질 내로 연장되어 있을 가능성이 높다. Ratledge 등[6]은 법랑-상아 경계에서 0.5 mm 미만 깊이로 연장된 우식 병소의 와동 형성 비율은 64% 였으나 그 이상 연장된 우식 병소의 경우 와동 형성 비율은 93% 였다고 보고한 바 있다.

이처럼 와동과 백색반점이 혼재되어 있는 경우, 전통적인 방법으로 수복할 경우 형성된 와동 주변의 백색반점까지 모두 삭제해야 한다. 그러나 이러한 병소에 레진 침투법을 적용함으로써 백색반점을 보이는 초기 우식 병소의 삭제를 최소화하여 치질을 보존하는 동시에 와동을 전통적인 수복재로 수복하는 방법 또한 고려해볼 수 있다.

레진 침투법의 적용 여부에 따른 복합 레진 수복 치료 시의 결과에 대한 연구는 꾸준히 보고되고 있으나, 수복재의 종류를 달리 하여 비교한 연구는 다소 미비하였다. 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트(Resin-modified glass ionomer cement, RMGIC)는 전통적인 글라스아이오노머 시멘트와 같이 불소를 방출하여 탈회 병소의 재광화를 촉진시킬 수 있으며, 복합 레진 모노머가 포함되어 수복 직후 광중합이 가능하고 물성이 보다 향상된 재료이다. 이 연구의 목적은 와동이 형성된 초기 우식 병소를 재현하여 유동성 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트를 레진 침투법과 병용하여 수복했을 때, 수복재의 장기적인 유지에 큰 영향을 주는 미세누출의 정도를 평가하는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

이 연구는 부산대학교 치과병원의 임상연구윤리위원회

(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 시행되었다 (PNUDH-2019-032).

1. 연구 재료

진료 과정 중에 치료 계획의 일환으로 발치된 제3대구치 중 발치 후 3개월이 경과되지 않고 평활면 우식 병소가 없는 건전한 치아 20개를 대상으로 하였다. 선택된 치아는 치면의 이물질을 aluminum oxide pumice와 prophylaxis brush로 제거하고 연구에 사용되기 전까지 생리식염수에 담아 4°C로 냉장보관 하였으며 생리식염수는 1일 1회 교환하였다.

2. 연구 방법

1) 인공 우식 유발

Toda와 Featherstone[7]의 방법에 따라 탈회 용액과 재광화 용액을 제조 의뢰하였다(Biosesang, Seongnam-si, Korea, Table 1). 탈회 용액은 증류수 1 L에 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , CH_3COOH 를 각각 328.2 mg, 272.2 mg, 4,503.9 mg 넣어 상온에서 1시간 동안 교반하였다. pH meter로 pH 4.2 - 4.6 구간을 확인하였다. 재광화 용액은 증류수 1 L에 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , KCl , $\text{NaC}_2\text{H}_6\text{AsO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 를 각각 246.1 mg, 122.5 mg, 9,691.7 mg, 4,323.4 mg 넣어 상온에서 1시간 동안 교반하였다. pH meter로 pH 6.8 - 7.2 구간을 확인하였다. 제조된 용기는 밀봉하여 상온에서 보관하였고 3개월 내에 사용하였다.

치아는 상온(25°C)에서 탈회 용액에 6시간, 재광화 용액에 18시간씩 담그고 14일간 30 rpm으로 shaking 하여 인공 우식을 유발하였다(Fig. 1A,B). 각 용액은 1주일에 한번씩 새로운 용액으로 교체하였다. 치아는 탈회 용액과 재광화 용액에 담그기 전에 1분간 증류수로 수세하였다.

2) 와동 형성 및 수복

탈회가 유발된 치아는 고속 엔진용 #330 carbide fissure bur

Table 1. Composition of the remineralizing and demineralizing solutions

Solution	Composition	
Demineralizing solution (pH 4.4)	Calcium 2.0 mmol/L	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Phosphate 2.0 mmol/L	KH_2PO_4
	Acetic acid 75.0 mmol/L	CH_3COOH
Remineralizing solution (pH 7.0)	Calcium 1.5 mmol/L	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Phosphate 0.9 mmol/L	KH_2PO_4
	KCl 130.0 mmol/L	KCl
	Sodium cacodylate 20.2 mmol/L	$\text{NaC}_2\text{H}_6\text{AsO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



Fig. 1. (A), (B) Artificial white spot was formed on the surface of the enamel. (C) Round shaped cavity was made on a proximal surface.

를 이용하여 충분한 주수 하에 근원심면 중앙부에 각각 지름 2.0 mm, 깊이 1.5 mm 크기의 원통형 와동을 형성하였다(Fig. 1C). 각 치아 별로 형성한 와동을 무작위로 실험군과 대조군으로 나누었다. 실험군에는 와동 주변의 탈회된 치면에 infiltrant resin (Icon®, DMG, Hamburg, Germany)을 적용하였고, 대조군에는 적용하지 않았다. Infiltrant resin의 적용은 다음과 같이 이루어졌다. 치아 표면에 15% 염산겔인 Icon Etch를 2분간 적용 후 30초간 수세 및 건조하였다. 다음으로 탈수제재인 Icon dry를 30초 적용하고 건조하였다. 저점도 레진인 Icon infiltrant를 3분간 적용 후 40초 광중합하였고 1분간 재적용 후 40초 광중합하였다. 광중합기로는 multiwavelength LED인 Valo® LED Curing Light (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)를 사용하였으며 1000 mW/cm² 단일 광도로 광중합을 시행하였다.

와동 형성 및 전처리가 완료된 20개의 치아를 임의로 2개 군

으로 나누어 각각 I군, II군으로 하였다. I군은 유동성 레진인 Uni-fil® Flow (GC Corp., Tokyo, Japan)를 사용하여 수복하였다. 산부식제로 Ultra-etch® (Ultradent, South Jordan, UT, USA)를 사용해 15초 산부식 시행 후 15초간 수세하고 건조하였다. Adper™ Scotchbond™ Multipurpose (3M EPSE, St Paul, MN, USA)를 접착 시스템으로 사용하였으며 10초 간 primer 적용 후 adhesive를 적용하고 10초 광중합 하였다. 이후 와동에 레진을 적용하고 20초간 광중합하였다. II군은 레진강화형 글라스아이오노머시멘트인 GC Fuji II LC® (GC Corp., Tokyo, Japan)를 사용하여 수복하였다. 와동 내면에 10% polyacrylic acid (Dentin Conditioner, GC Corp., Tokyo, Japan)를 20초 적용 후 15초간 수세하고 건조하였다. 이후 와동에 레진강화형 글라스아이오노머 시멘트를 적용하고 20초간 광중합 하였다(Fig. 2).

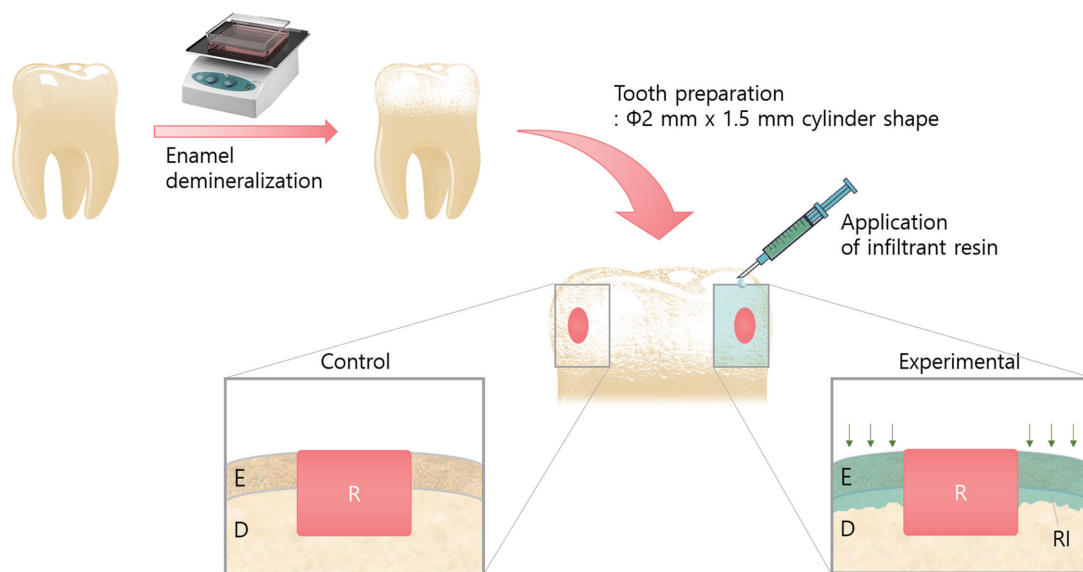


Fig. 2. Tooth preparation and restoration procedures. E=Enamel, D=Dentin, R=Restorative material, RI=Resin infiltration.

3) 열순환 및 질산은 침적

수복을 완료한 치아는 5 ± 2°C와 55 ± 2°C 조건에서 각각 30 초씩 침적시키는 방법으로 1,000회의 열순환을 시행하였다. 열순환 완료 후 와동 변연의 1.0 mm를 제외한 모든 표면에 불소가 함유되지 않은 nail varnish로 도포, 건조하였으며 2회 반복하였다. 이후 50% 질산은(AgNO₃)이 담긴 용기에 24시간 침지한 후 시편을 흐르는 물에 세척하여 잔여 질산은을 제거하였다.

4) μ-CT 촬영 및 분석

μ-CT 촬영은 Inspexio SMX-90CT (SHIMADZU, Japan)를 이용하였으며 촬영 조건은 90 kV, 109 μA로 설정하였다. 시편의 고정을 위하여 zig를 제작하였으며 각 치아 별 촬영 조건을 기록하였다. 촬영한 원본을 이미지 분석 프로그램(VG studio 2.2, Volume Graphics, Germany)을 이용해 이차원 평면과 삼차원적 이미지로 재구성하고, 수복물 변연 누출을 분석하였다. 와동 중앙을 중심으로 와동벽에서 질산은이 가장 깊게 침투한 지점을 기준으로 하여 변연 미세누출 정도를 측정하였으며, Alani와 Toh[8]의 방법을 이용하여, 침투 깊이에 따라 0점에서 3점까지 점수를 부여하였다(Table 2, Fig. 3).

Table 2. Scores used during radiographic analysis of microleakage

Score	Standard
0	No leakage
1	Leakage depth up to one third of the internal surface
2	Leakage depth up to two third of the internal surface
3	Leakage through the entire lateral surface to the bottom of the restoration

5) 통계분석

통계분석을 위하여 SPSS statistics (Version 24.0, IBM Corp., USA)를 이용하였다. I군과 II군 및 실험군과 대조군 조합에 대해 변연 미세누출 점수를 이용하여 레진 침투법 전처리 여부 및 재료에 따른 질산은 침투 깊이의 차이를 평가하였다. 군 간 통계적 유의성 차이를 검정하기 위하여 Mann-Whitney test를 시행하였으며 2명의 검사자 간 Cohen's kappa 계수를 산출하여 검사자 간 검사를 수행하였다. 이 연구는 부산대학교병원 의학통계실의 지원으로 이루어졌다.

Ⅲ. 연구 성적

각 재료에 대하여 레진 침투법 전처리 여부에 따른 질산은 침투 깊이를 비교하였다. 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트로 수복한 II군에서 실험군이 대조군에 비하여 침투 깊이가 낮았고 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.035$). 유동성 레진으로 수복한 I군의 경우 침투 깊이는 실험군이 대조군에 비하여 낮은 중앙값을 나타내었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다($p = 0.063$). 미세누출 차이를 각 재료별로 비교 한 결과, I군에 비해 II군의 침투 깊이가 실험군($p = 0.002$)과 대조군($p = 0.011$)에서 모두 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 3).

2명의 검사자의 측정값에 대한 검사자 간 검사 결과 kappa값은 0.852로, Landis와 Koch[9]의 연구에 따른 kappa값 분류에서 almost perfect 단계의 일치도를 보였다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

이 연구에서는 최소 침습 치의학 관점에 입각하여, 와동성 초기 우식 병소의 수복 시 레진 침투법을 활용해 치질 삭제를 최소



Fig. 3. μ-CT images with microleakage. (A) No leakage, Score=0, (B) Leakage depth up to two third of the internal surface, Score=2, (C) Leakage through the entire lateral surface to the bottom of the restoration, Score=3.

Table 3. Comparison of microleakage by application of resin infiltration and restorative materials

	Experimental (median [IQR]) (n=10)	Control (median [IQR]) (n=10)	<i>p</i> value
Group I (n=10)	2.00 [1.75, 2.00]	2.50 [2.00, 3.00]	0.063
Group II (n=10)	1.00 [0.00, 1.00]	1.50 [1.00, 2.00]	0.035
<i>p</i> value	0.002	0.011	

p value from Mann-Whitney test
IQR = interquartile range

화하는 조건을 구현하고자 하였다. 탈회된 병소에 레진 침투법 전처리 후, 수복재의 종류를 달리하여 미세누출을 측정함으로써 레진 침투법의 효과와 치질-수복물 복합체의 완전성(integrity)을 평가할 목적으로 시도되었다.

기존 연구들에 따르면 수복물이 구강 내에서 실패하는 주요한 요인은 이차 우식으로 보고되고 있으며 미세누출의 발생은 이차 우식이 형성되는 데에 기여하는 중요한 요소라고 하였다[10-15]. 수복 후의 세균의 미세 누출은 가장 흔한 치료 후 합병증으로 제안되며, 치질과 수복물 사이 경계면의 물리적, 화학적 완전성이 수복물의 장기적인 임상적 성공을 결정하는 가장 중요한 요소로 제시되고 있다[13]. 따라서 많은 연구에서 수복물을 평가할 목적으로 미세누출의 정도를 측정하고 있으며 이 연구에서도 미세누출의 관점에서 수복물을 평가하였다.

레진 침투법이 적용된 탈회 범랑질은 미세 경도가 향상되고 이차 우식의 위험성이 감소한다고 보고된 바 있어 치아 삭제를 통한 수복 치료의 시기를 늦출 수 있다. 또한 치아를 삭제하지 않기 때문에 환자의 술 후 민감성 및 치수 염증 발생 가능성이 줄어들고, 탈회 병소의 색조가 가려지므로 심미적으로도 더 나은 결과를 기대할 수 있다[16].

전통적인 수복 치료 시 레진 침투법을 병용하는 방법에 대해 여러 연구결과가 보고되고 있다. Kielbassa 등[17]은 초기 우식에 레진 침투법을 적용 후 상부에 레진 수복시 치질로 깊이 침투한 저점도 레진과 수복용 레진이 긴밀하게 결합함을 확인하였다. 이를 통해 치질과 수복물의 완전성(integrity)이 증가하고 접착력과 유지력이 높아졌으며, 추가적인 탈회 자극에 견딜 수 있다고 하였다. Körner 등[18]은 탈회 범랑질에 레진 침투법을 적용한 후 자가부식 접착제 또는 unfilled adhesive를 사용하여 복합 레진 수복을 시행하였을 때 변연의 연속성(marginal integrity)이 향상되었다고 보고하였다.

이 연구에서는 복합 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트를 초기 우식 병소에 적용하였을 때 레진 침투법 적용 여부에 따른 미세누출의 변화와 수복물 간의 차이를 알아보하고자 하

였다. 유동성 복합 레진은 전통적인 복합 레진에서 필러 함량을 낮추어 재료의 흐름성을 높이고 점도를 낮춘 재료이다[19]. 교합력을 크게 받지 않는 작은 와동이나 인접면의 수복에 적용할 수 있으며 흐름성이 좋아 조작이 편리하므로 빠르고 정확한 적용이 가능하다[20]. I군의 수복재로 선택한 Unifil Flow는 Fluoro-Alumino Silicate Glass 성분의 필러가 60 - 75% 함유되어 있으며 높은 유동성을 보인다[21]. 소아치과 분야에서는 협조도가 부족한 어린이를 대상으로 치과 치료를 수행해야 하기 때문에 빠르고 편리한 조작성이 매우 중요하며 이번 연구에서 재현하고자 한 인접면의 작은 와동에 적용하기에도 적합하여 본 재료를 선택하였다. 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트는 카르복실기 이온 결합에 의한 화학적 결합과 hybrid layer 및 레진 태그를 통한 기계적 결합을 통해 치면과 접착한다[22,23]. Choi 등[24]의 연구에 따르면 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트를 우식이 유발된 치면에 적용하였을 때 건전 치면에 비하여 미세 인장 강도가 낮았다고 하였으나, Alves 등[25]은 건전 치면과 우식이 유발된 치면에서 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트와 치면의 결합력이 유의미한 차이를 가지지 않는다고 하였다. 또한 건전 치면에 대한 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 결합에 있어 두 재료 간의 유의미한 차이가 없다는 연구결과가 보고된 바 있다[26].

미세누출 평가를 위하여 기존에는 색소를 침투시켜 광학 현미경으로 깊이를 측정하였으나 특정 지점에서만 미세누출 깊이를 측정할 수 있고 침투되는 정도가 일정하지 않아 비교에 한계가 있었다. 최근 μ -CT를 이용하여 비파괴적인 방법으로 미세누출과 수복물의 수축 정도를 측정할 수 있게 되었으며, 이를 통해 보다 정확한 측정이 가능하게 되었다[27].

연구 결과 수복재의 종류와 관계없이 레진 침투법 전처리를 한 실험군이 대조군과 비교하여 미세누출 깊이가 낮게 나타났으며, II군에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 I군에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

I군에서 레진 침투법을 시행했을 때 미세누출이 더 감소하는

양상을 보였으나 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 레진 수복시 레진 침투법 전처리의 효과에 대한 기존의 연구들에 따르면 레진 침투법으로 인해 와동의 변연 연속성이 향상되고 수복재의 미세누출이 감소하였다고 하였다[17,18]. 기존 연구와 같이 레진 침투법을 실행한 군에서 유의하게 미세누출이 감소할 것으로 기대하였으나 통계적 유의성이 나타나지 않은 것은 연구 설계 상의 한계로 발생한 오류가 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다.

II군에서 실험군의 미세누출 깊이가 대조군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮게 나타난 것은 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 결합 메커니즘에 레진 침투법에 사용된 레진이 영향을 미쳐 미세누출을 감소시키는 데 도움을 주는 것으로 해석된다. 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 치질 결합은 hydroxyapatite와의 화학적 이온 결합과 탈회된 치면과의 미세기계적 결합에 의해 이루어진다고 알려져 있으며, 레진 침투법은 탈회된 치아 표면의 다공성 구조를 저점도 레진으로 채우는 원리이다[28-30]. 따라서 탈회 병소 내부로 침투한 저점도 레진이 태그를 형성하여 부가적인 도움을 주었을 것으로 사료된다. 차후 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트와 레진 침투 처리한 초기 우식 병소의 접착 계면 관찰을 통하여 미세누출이 감소하는 기전에 관한 연구가 필요할 것이라 사료되었다.

각 재료에 대하여 레진 침투법의 처리 조건을 동일하게 하였을 때 재료의 종류에 따른 미세누출 정도를 비교하였다. 연구 결과 레진 침투법 전처리 여부와 관계없이 유동성 레진보다 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 미세누출이 적게 나타났다. 이는 기존의 연구 결과들과 배치되는 것으로, 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 미세누출에 관한 다수의 연구에서 레진의 미세누출이 더 적다고 주장하고 있다. Parolia 등[31]은 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트가 미세누출에 더 취약한 원인은 레진에 비해 수분에 친화적인 구조로 인해 열순환시 수분에 의한 가수분해와 열스트레스를 동시에 받기 때문이라고 하였다. 한편, Nematollahi 등[32]은 실험적인 환경에서 유동성 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트의 미세누출을 비교하였을 때 레진이 더 적은 미세누출값을 보였으나 실제 구강 내에서는 글라스아이오노머류가 더 뛰어난 결과를 보였고 이는 글라스아이오노머류의 탄성계수와 선팅창계수가 치아 구조와 더 유사하기 때문이라고 하였다. 레진 강화형 글라스아이오노머의 미세누출이 더 적다고 보고한 사례로는 Pereira 등[33]의 연구가 있으며 5급 병소에 열순환 및 부하 테스트를 적용하였을 때 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트가 전통적인 레진보다 미세누출량이 적었다고 하였다. 탄성이 큰 레진 강화형 글라스아이오노머가 부하 테스트에서 가해진 인장응력에 잘 견딜 수

있어 양호한 결과를 얻었다고 해석하고 있으며, 열순환만을 시행한 이번 연구의 조건과는 차이점이 있음을 고려해야 한다. 기존 연구들과 배치되는 결과값을 보이는 이번 결과의 해석에 다소 어려움이 있었다.

미세누출값에 영향을 줄 수 있는 이 연구의 한계 요인들에 대하여 종합적으로 고찰해보았다. 첫 번째로 법랑질 최외층에 존재하는 prismless enamel이 영향을 미칠 수 있다고 사료된다. Prismless enamel은 산에 저항성이 크며 일반적으로 15 - 30 μm 의 두께로 다양하게 보고되고 있다. 결정구조가 한방향으로 배열되어 있으며 밀도가 높고 표층에서 결정의 방향이 표면에 더 직각으로 배열되어 산부식에 영향을 미친다[34]. 이 실험에서 레진 침투법을 처리한 실험군의 경우 15% HCl을 2분간 처리하였고 이 과정에서 법랑질 최외각층의 prismless enamel층이 소실되었을 가능성이 있다. Arnold 등[35]은 15% HCl을 법랑질에 적용하였을 때 약 34.0 μm 깊이의 구조 소실을 보였다고 보고한 바 있다. 이는 prismless enamel 층을 소실시킬 수 있는 정도의 깊이이며 산 부식에 저항성을 보이는 prismless enamel이 제거된 법랑질은 수복물과의 결합력이 향상될 수 있다. 이는 실험군에서 미세누출값이 감소한 것에도 영향을 미쳤을 수 있음을 시사한다. 단, prismless enamel은 주로 유치의 평활면, 교합면에서 나타나고 영구치의 경우 많지는 않지만 치경부 평활면에 존재한다고 알려져 있으므로 영구치의 인접면 중앙의 법랑질을 대상으로 시행한 이번 연구에서 미세누출 값에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 사료된다[34].

다음으로 이 연구에서 설계한 방법으로는 와동 주변에 레진 침투법을 시행할 경우 와동 내면에 레진이 침투하는 것을 방지할 수 없으며 이는 미세누출 값을 측정할 때 오류의 가능성을 높일 수 있다는 점을 한계로 들 수 있다. 레진 침투법에 사용되는 레진 재료는 흐름성이 높아 와동 내면에 침투할 가능성이 있으며 그 침투 깊이를 명확히 알 수 없으므로 미세누출에 영향을 미칠 수 있다. 또한 와동을 수복하는 과정에서 접착을 위해 적용되는 인산 용액이나 Adhesive가 와동 외부의 레진 침투법이 시행된 지점까지 침범하여 수복물과 레진 침투 부위가 연결되는 양상처럼 보일 수 있다. 이 또한 측정된 미세누출값에 영향을 미칠 수 있는 오류가 될 것이다.

미세누출 측정 방법 상에서 발생할 수 있는 한계도 고려해야 한다. 이 연구에서는 와동의 중앙을 기준으로 하여 질산은의 미세누출 깊이가 가장 깊은 지점을 점수화하였다. 그러나 이 경우에 검사자의 판단이 개입될 여지가 존재하며 정확한 측정을 위해서는 각 시편마다 미세누출 깊이의 측정 위치를 통일하는 것이 필요하다고 사료된다. 후속 연구에서는 동일한 위치에서의 측정값을 통해 검사자의 주관적인 판단이 개입될 여지를 배제하

는 것이 필요하다.

이 연구는 탈회된 백색반점에서 우식이 진행되어 초기 와동성 우식 병소가 된 경우를 재현하고자 하였으며 임의적으로 탈회 및 와동을 형성하였기 때문에 자연적인 우식 병소를 완전히 재현했다고 할 수 없다. 또한 다양한 한계점으로 인해 미세누출 측정값의 해석에 어려움이 있었다. 그럼에도 불구하고 이 연구가 가지는 의의는 다음과 같다.

기존의 레진 침투법은 비와동성 병소에 대하여 적용하는 것이 일반적이었으나 이 연구에서는 초기 와동성 우식 병소에도 레진 침투법을 사용하는 것에 대하여 제안하고 있다. 궁극적으로는 레진 침투법을 활용하여 초기 와동성 우식 병소의 치질 삭제를 최소화하고 이를 통해 침습적인 수복의 개입 시기를 늦추거나 피할 수 있는 가능성에 대하여 제시하고자 하였다.

이 연구에서 제시한 연구 설계 상 탈회된 법랑질을 남긴 와동을 형성하였으나, 전통적인 와동형성 방법에 따르면 탈회된 법랑질은 제거하는 것이 옳으므로 이번 연구에서 제시한 방법은 논란의 여지가 있다. 또한 임상적인 관점에서 수복 치료와 레진 침투법을 하나의 와동에 적용하는 것은 재료적, 시간적 관점에서 단점을 가진다.

이번 연구를 진행함에 있어서 발생한 연구 설계 상의 한계에 대하여 향후 추가적인 연구를 통해 보완할 수 있을 것이라 사료된다. 첫번째로, 탈회된 초기 우식 병소 표면의 break down이 일어나는 시점의 미세와동을 연구 대상으로 설정하고 이를 재현하기 위해 최소화된 와동을 형성하는 것을 고려해 볼 수 있다. 이를 위해 법랑질에 국한된 작은 와동을 형성하는 방법을 통해 자연적인 우식과 더 비슷한 조건을 재현할 수 있을 것이라 사료된다. 두번째로는 최소침습적 치의학의 관점에 입각하여 형성된 와동의 삭제를 거의 시행하지 않는다는 전제 하에 와동 내부에 레진 침투법을 적용하고 그 상부에 수복물을 수복하는 방법을 제안하고자 한다. 이는 표면 폐쇄를 통해 초기 우식을 정지시키는 레진 침투법의 의의에도 부합하며 기존에 비와동성 병소에 적용하였던 레진 침투법의 적용 범위를 와동성 병소까지 확대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 고려할 점은 이 연구에서 미세누출적 관점에서만 수복물을 평가한 데서 오는 한계점이다. 수복물의 우수성을 평가하는 관점은 여러가지가 있을 수 있으나 이 연구에서는 미세누출이라는 한가지 관점에서 평가를 시행하였으며 그 과정에서 미세누출값에 오류를 가져올 수 있는 다양한 한계 요인을 만나게 되었다. 수복재의 강도, 내구성 등의 물리적 성질 및 심미성 등의 다변화된 기준을 통해 재료에 대한 복합적인 평가를 내리는 것이 필요하며 이를 위한 추가적인 연구가 수행되어야 한다고 사료된다.

V. 결 론

이 연구에서는 와동성 초기 우식 병소를 인공적으로 재현하고 수복 전에 레진 침투법을 처리하여 미세누출 깊이를 관찰하였다. 또한 수복물의 종류를 달리 하여 그 변화를 비교하고자 하였다. 연구 결과 레진 침투법 전처리하는 수복물의 미세누출을 감소시키는 효과를 나타내었다. 유동성 레진 및 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트를 비교하였을 때 레진 강화형 글라스아이오노머의 미세누출량이 더 낮은 결과를 얻었다. 이는 기존의 연구와 배치되는 부분으로 실험적인 한계를 고려할 필요가 있다.

Authors' Information

Eunjeong Jang <https://orcid.org/0000-0002-9796-568X>

Soyoung Park <https://orcid.org/0000-0003-3264-4014>

Jonghyun Shin <https://orcid.org/0000-0002-9777-0196>

Shin Kim <https://orcid.org/0000-0002-7202-7726>

Taesung Jeong <https://orcid.org/0000-0002-0431-5574>

References

1. 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*, 62:223-243, 2012.
2. Banerjee A, Frencken J, Schwendicke F, Innes N : Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. *Br Dent J*, 223:215, 2017.
3. Schwendicke F, Frencken J, Ricketts D, *et al.* : Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res*, 28:58-67, 2016.
4. Gray G, Shellis P: Infiltration of resin into white spot caries-like lesions of enamel : an in vitro study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 10:27-32, 2002.
5. Mueller J, Meyer-Lueckel H, Kielbassa A, *et al.* : Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. *Oper Dent*, 31:338-345, 2006.
6. Ratledge D, Kidd E, Beighton D : A clinical and microbiological study of approximal carious lesions. *Caries Res*, 35:3, 2001.
7. Toda S, Featherstone J : Effects of fluoride dentifrices on enamel lesion formation. *J Dent Res*, 87:224-227, 2008.

8. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, 22:173-185, 1997.
9. Landis JR, Koch GG : The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159-174, 1977.
10. Soncini JA, Maserejian NN, Hayes C, et al. : The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings From the New England Children's Amalgam Trial. *J Am Dent Assoc*, 138:763-772, 2007.
11. Bernardo M, Luis H, Leitão J, et al. : Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc*, 138:775-783, 2007.
12. Fontana M, González-Cabezas C : Secondary caries and restoration replacement: An unresolved problem. *Compend Contin Educ Dent*, 21:15-18, 21-14, 26, 2000.
13. Kermanshahi S, Santerre J, Cvitkovitch D, Finer Y : Biodegradation of resin-dentin interfaces increases bacterial microleakage. *J Dent Res*, 89:996-1001, 2010.
14. Van Meerbeek B, De Munck J, Vijay P, et al. : Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28:215-235, 2003.
15. Mjor I, Gordan V : Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Oper Dent*, 27:528-534, 2002.
16. Prajapati D, Nayak R, Kamath P, et al. : Effect of resin infiltration on artificial caries: an in vitro evaluation of resin penetration and microhardness. *Int J Clin Pediatr Dent*, 10:250, 2017.
17. Kielbassa AM, Ulrich I, Werth VD, et al. : Resin infiltration of deproteinised natural occlusal subsurface lesions improves initial quality of fissure sealing. *Int J Oral Sci*, 9:117, 2017.
18. Körner P, El Gedaily M, Tauböck TT, et al. : Margin integrity of conservative composite restorations after resin infiltration of demineralized enamel. *J Adhes Dent*, 19:483-489, 2017.
19. Park SY, Jeong TS, Kim S : A study on the clinical usage of the flowable composite resin. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 29:255-261, 2002.
20. Bayne SC, Thompson JY, Wilkerson M, et al. : A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc*, 129:567-577, 1998.
21. Kim YJ, Kwon TY : Comparison of Mechanical Properties of Six Flowable Composite Resins and a Conventional Composite Resin. *Kor J Dent Mater*, 43:159-165, 2016.
22. Ding Y, Yao H, Wang G, Song H : A randomized double-blind placebo-controlled study of the efficacy of Clinpro XT varnish and Gluma dentin desensitizer on dentin hypersensitivity. *Am J Dent*, 27:79-83, 2014.
23. Mitra SB, Lee CY, Rusin RP, et al. : Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater*, 25:459-466, 2009.
24. Choi K, Oshida Y, Yi K, et al. : Microtensile bond strength of glass ionomer cements to artificially created carious dentin. *Oper Dent*, 31:590-597, 2006.
25. Alves FBT, Hesse D, Loguercio AD, et al. : The bonding of glass ionomer cements to caries-affected primary tooth dentin. *Pediatr Dent*, 35:320-324, 2013.
26. Burrow M, Nopnakepong U, Phrukkanon S : A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater*, 18:239-245, 2002.
27. Carrera CA, Lan C, Aparicio C, et al. : The use of micro-CT with image segmentation to quantify leakage in dental restorations. *Dent Mater*, 31:382-390, 2015.
28. Coutinho E, Yoshida Y, Nakayama Y, et al. : Gel phase formation at resin-modified glass-ionomer/tooth interfaces. *J Dent Res*, 86:656-661, 2007.
29. Yiu C, Tay F, Neo J, et al. : Interaction of glass-ionomer cements with moist dentin. *J Dent Res*, 83:283-289, 2004.
30. Shafiei F, Yousefipour B, Farhadpour H : Marginal microleakage of a resin-modified glass-ionomer restoration: Interaction effect of delayed light activation and surface pretreatment. *Dent Res J*, 12:224, 2015.
31. Parolia A, Adhauilya N, de Moraes Porto I, Mala K : A comparative evaluation of microleakage around class V cavities restored with different tooth colored restorative materials. *Oral Health Dent Manag*, 13:120-126, 2014.
32. Nematollahi H, Bagherian A, Mehr MA, et al. : Microbial microleakage assessment of class V cavities restored with different materials and techniques: A laboratory study. *Dent Res J*, 14:344, 2017.
33. Pereira AdFV, Poiate IAVP, Miranda Jr WG, et al. : Influence of restorative techniques on marginal adaptation and dye penetration around Class V restorations. *Gen Dent*, 60:17-21, 2012.
34. Cho TS, Yoon JH, Kim SG, Lee SH : Ultra-structure and acid etching characteristics of occlusal fissure enamel. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 32:321-331, 2005.
35. Arnold W, Haddad B, Danesh G, et al. : Enamel surface alterations after repeated conditioning with HCl. *Head Face Med*, 11:32, 2015.

국문초록

인공 우식 수복시 레진 침투법 전처리의 미세누출에 대한 효과

장은정 · 박소영 · 신종현 · 김신 · 정태성

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

이 연구는 와동이 형성된 초기 우식 병소를 재현하여 레진 침투법 처리 후 복합 레진과 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트로 수복을 시행하고 그에 따른 미세누출의 정도를 평가하기 위해 수행되었다.

건전한 20개의 발치된 제3대구치에 인공 우식을 유발하고 무작위로 I군과 II군으로 나누었다. 각 치아의 근원심면에 각각 와동을 형성하여 무작위로 실험군과 대조군으로 설정하였다. 실험군에는 레진 침투법 전처리를 시행하였고 대조군에는 전처리 없이 수복하였으며, I군은 유동성 레진을, II군은 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트로 수복하였다. 열순환 및 질산은 침지 후 μ -CT로 미세누출 양상을 확인하였다.

질산은 침투 깊이는 I군과 II군 모두에서 실험군이 대조군에 비하여 낮았으나, 통계적 유의성은 II군에서만 확인되었다. 재료 별로 비교 시 실험군과 대조군 모두 I군에 비해 II군의 침투 깊이가 통계적으로 유의하게 낮았다.

인공적으로 재현한 와동성 초기 우식 병소에 대하여 수복 전 레진 침투법 전처리를 하는 것은 치면과 수복물 계면에서의 미세누출을 감소시켰다. 레진 침투법 전처리 후 레진 강화형 글라스아이오노머 시멘트로 수복하였을 때 유동성 레진에 비하여 미세누출이 감소하는 결과를 얻었으며 실험적인 한계를 고려할 필요가 있다.