

공초점레이저주사현미경을 이용한 레진침윤법 적용 우치법랑질의 잇솔질 마모저항성 평가

손정희¹, 임도선², 마득상³, 박덕영³

¹대원대학교 치위생과, ²을지대학교 보건과학대학 치위생학과, ³강릉원주대학교 치과대학 예방치학교실 및 구강과학연구소

Abrasion of resin infiltrated enamel by tooth brushing

Jung-Hui Son¹, Do-Seon Lim², Deuk-Sang Ma³, Deok-Young Park³

¹Department of Dental Hygiene, Daewon University College, Jecheon, ²Department of Dental Hygiene, Eulji University College of Health Science, Seongnam, ³Department of Preventive and Public Health Dentistry, Gangneung-Wonju National University College of Dentistry, Research Institute of Oral Science, Gangneung, Korea

Received: March 11, 2013

Revised: March 19, 2013

Accepted: March 23, 2013

Corresponding Author: Deok-Young Park
Department of Preventive and Public Health Dentistry, Gangneung-Wonju National University College of Dentistry, 7 Jukheon-gil, Gangneung 210-702, Korea
Tel: +82-33-640-3185
Fax: +82-33-642-6410
E-mail: jguitar@gwnu.ac.kr

Objectives: The purpose of this study was to evaluate abrasion of Icon® infiltrated, sound bovine enamel by using confocal laser scanning microscopy (CLSM) after toothbrush abrasion tests.

Methods: Sound bovine enamel specimens whose Vickers Hardness Number ranged from 280 to 320 were prepared. To measure abrasion, specimens were allocated to groups on the basis of tooth brushing stroke frequencies. Tooth brushing stroke frequencies were categorized into 5 groups: 1,800, 5,400, 10,800, 21,600 and 43,200 strokes. Both infiltration depth of Icon® and the abrasion depth were measured by CLSM.

Results: Mean infiltration depth of Icon® for sound bovine enamel was 98.6 µm. There was no statistically significant difference in enamel abrasion depth between groups with 5,400 strokes and 10,800 strokes, but the abrasion depth increased with further increase in tooth brushing stroke frequencies ($P<0.001$). The mean abrasion depth of resin infiltrated bovine enamel after 43,200 tooth brushing strokes was 17.45 µm.

Conclusions: The magnitude of abrasion after 43,200 tooth brushing strokes, which corresponds to brushing 3 times a day for 4 years, was less than 20 µm. This result suggests that abrasion by tooth brushing would not be a clinical problem for resin infiltrated enamel.

Key Words: Dental caries, Dental sealant, Enamel wear, Infiltration, Toothbrush abrasion

서 론

법랑질 초기 우식은 광택이 없고 불투명한 흰색의 병소로 나타난다. 이러한 초기우식은 미세한 통로가 표면층으로부터 표면 아래 탈회가 가장 심한 곳까지 이어진다¹⁾. 법랑질 표면이 백색반점으로 보이기 시작할 때 재광화가 이루어지지 않으면 결국 우식 와동 형성단계에 이르게 되며 비가역적인 수복 과정이 필요하게 된다²⁾. 그러므로 우식 와동이 형성되기 전에 법랑질 탈회를 조기

에 발견하여 적절한 예방 치치를 시행하는 것이 중요하다.

법랑질 병소의 진행을 늦추거나 정지시킬 수 있는 비파괴적 인 접근 방법은 불소를 이용³⁾하거나 접착제(adhesive)와 전색제(sealant) 같은 낫은 접조도의 광중합 레진을 이용하는 것이다⁴⁾.

불소이용법 중 전문가 불소도포는 반복된 불소도포가 필요하며, 다발성 치아우식증 환자, 유아기 우식증(Early childhood caries: ECC) 환자, 교정치료를 계획중인 사람, 교정치료 중 뱀드나 브라켓을 장착한 사람 그리고 장애인에게는 많은 노력과 시간

이 소요되고, 자가도포는 환자의 자발적인 참여와 협조를 기대하기 어렵다는 취약점이 있다. 이러한 취약점을 보완하기 위하여 낮은 점조도의 레진을 이용한 레진침윤법(resin infiltration)이 소개되었다.

레진침윤법은 레진침윤을 방해하는 우식병소의 표층을 제거한 뒤 병소 본체에 저점도 레진을 침윤시켜 치아우식증의 진행을 정지시키는 방법이다⁵⁾. 낮은 점조도의 레진을 평활면에 침윤시켜 법랑질 탈회의 예방과 초기우식병소의 진행억제를 검증하기 위한 다양한 연구를 진행한 결과, 레진침윤법은 탈회 환경 하에서 병소의 무기질 소실을 예방하고 탈회 진행을 유의하게 감소시킴이 확인되었다⁶⁻¹⁰⁾. 이러한 선행연구들을 근거로 레진침윤법을 위한 상품으로 Icon[®] (Icon[®] caries infiltrant, DMG[®], Hamburg, Germany)이 개발되었다.

침윤용 레진의 침투계수를 높이는 성분은 TEGDMA (triethylene glycol dimethacrylate)로 TEGDMA 함량이 증가할수록 레진의 점도와 접촉각은 감소한다. Icon[®]에는 이 TEGDMA가 다량 함유되어 있으며, 점도를 낮추기 위해 충전재(filler)를 포함시키지 않는다. TEGDMA 함량이 많고 충전재가 함유되지 않으면 레진의 중합수축과 열팽창계수가 증가하고 경도와 강도가 감소한다¹¹⁾. 평활면 중 특히 협·설면의 경우, 마모저항성이 취약한 Icon[®]으로 처리된 법랑질 표면은 전전법랑질 또는 재광화된 탈회 우식병소 표면의 법랑질보다 마모저항성이 약화되어 치아 마모에 취약할 가능성이 있다.

지금까지 진행된 레진침윤법에 관한 연구는 대부분 침윤 깊이 개선과 항우식 효과 평가에 초점이 맞춰져 왔다. 평활면에 Icon[®]을 적용한 후 마모저항성에 대한 평가연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 전전법랑질 표면과 레진침윤법을 적용한 법랑질 표면에 잇솔질 마모시험을 시행한 후, 공초점 레이저 주사 현미경(Confocal Laser Scanning Microscope)을 이용하여 마모깊이와 마모양상을 평가하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구재료

육안으로 보아 우식 및 법랑질 형성부전이나 상아질 노출이 없는 건전한 법랑질 표면을 가진 우전치 60개를 대상으로 하였다.

레진침윤법의 침윤용 레진은 Icon[®] (DMG[®], Hamburg, Germany)을 사용하였다.

2. 연구방법의 틀

연구방법의 틀은 Fig. 1과 같다.

3. 연구방법

3.1. 시편준비

우전치 법랑질 표면의 면적이 $5 \times 5 \text{ mm}^2$ 크기가 되도록 절단하였다. 이후 Putty (DuoSil Putty set[®], Bukwang[®], Busan, Korea)를 이용하여 $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ 크기의 주형(mold)을 만들고 치과교정장치용 레진(Ortho-Jet[®], Lang Dental MFG[®], USA)을 이용하여 법랑질 표면이 드러나도록 매몰하였다. 이후 미세절단기(Accutome P-50[®], Struers[®], Copenhagen, Denmark)를 이용하여 레진 블록을 법랑질 면의 반대측면이 수평이 되도록 절단하여 직육면체 모양으로 만들었다. 그 후 시편을 치과교정장치

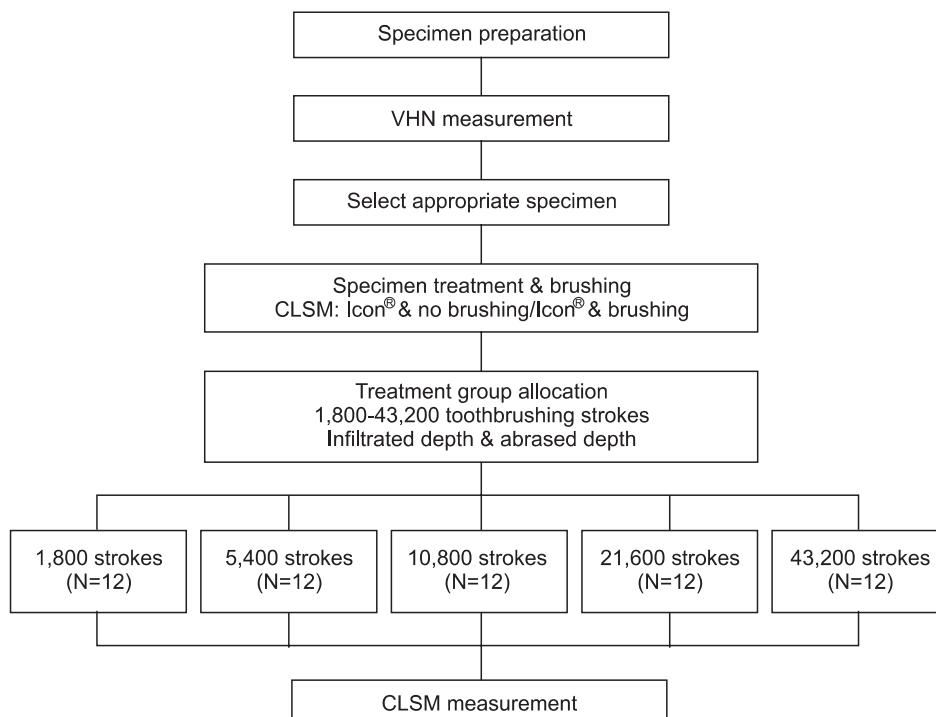


Fig. 1. Abrasion of resin infiltrated enamel by toothbrushing. VHN: Vickers Hardness Number, CLSM: Confocal Laser Scanning Microscope.

용 레진으로 매몰시키는 과정 중에 시편 위로 얇게 덮인 레진층을 제거하기 위하여 레진 블록의 시편 표면을 자동연마기를 이용하여 silicon carbide paper (600, 800, 1,000, 1,200, 1,500, 2,000 grits)로 연마하였다. 연마 후 시편은 탈수를 방지하기 위해 3차 중류수에 보관하였다.

3.2. 표면미세경도 측정

표면미세경도측정기(Mitutyo hardness testing machine HM-113®, Mitutyo®, Kanagawa, Japan)를 이용하여 시편의 Vickers Hardness Number (VHN)를 측정하였다. 시편을 미세 경도측정기의 압인 방향에 대해 법랑질 표면이 직각이 되도록 위치한 다음 200 g의 하중으로 법랑질 표면의 좌상, 우상, 좌하, 우하의 4 모퉁이 부위를 압인하여 정상법랑질의 표면경도로 평균 VHN 280-320 범위에 해당하는 시편을 선택하였다.

3.3. 시편 배분

마모측정을 위해서 시편을 잇솔질 행정횟수(stroke frequency)에 따라 다섯 군으로 분류하였다. 잇솔질 횟수는 1,800회, 5,400회, 10,800회, 21,600회 그리고 43,200회로 나누어 시행하였다. 통상적으로, 치아를 회전법으로 닦을 때 한 구획당 '10회' 닦도록 권장하고 있으며, 치아를 1일 3회 잇솔질 하는 것을 기준으로 하면 하루 동안 한 치아에 총 30회의 행정이 이루어진다. 이를 기준으로 1개월 동안 잇솔질을 한 횟수는 900회가 되며 본 연구에서는 2개월, 6개월, 12개월, 24개월 그리고 48개월에 해당하는 잇솔질 행정횟수에 해당하는 행정횟수를 적용하여 각 군당 12개씩의 시편을 배당하였다.

3.4. 시편 처치

CLSM (LSM 510®, Carl Zeiss Meditec AG®, Germany) 관찰을 위한 시편 처치 과정은 Fig. 2와 같다.

Icon® 적용은 제조사의 적용방법에 의거하였다.

(1) 산 부식: 치면을 Icon®-Etch (15% 염산)으로 120초간 산

부식 처리하여 표층을 탈회시킨 후 60초간 물로 세척한 후 완전히 건조시켰다.

(2) Icon® Dry 적용: 부식된 치면에 Icon® Dry를 30초간 적용한 후 완전히 건조시켰다.

(3) Icon® 적용: CLSM을 이용하여 Icon®의 침윤깊이와 마모 깊이를 관찰하기 위해 Rhodamine® (Sigma Aldrich®, USA)을 Icon®과 혼합하여 도포한 후 3분간의 침윤시간을 적용하였다. 3분 경과 후 치면의 과잉 레진은 면봉(Cotton roll)의 원기둥 곡면 측을 이용하여 가벼운 가압상태에서 2회 신속히 훑어냄으로써 제거하였다.

(4) 광증합: Icon®이 적용된 치면을 광조사기를 이용하여 40초간 광증합 하였다.

(5) Icon® 반복 침윤: Icon® 제조사의 적용방법에 의거하여, Icon®을 재침윤시켰다. 재침윤을 위한 Rhodamine® 혼합과 과잉 레진 제거방법은 앞서 언급한 방법과 동일하되, 제조사의 지침에 의거하여 재도포시의 침윤시간은 3분이 아닌 1분을 적용하였다.

(6) 광증합: 광조사기를 이용하여 Icon®이 재침윤된 치면을 40초간 광증합 하였다.

(7) 시편분리: Icon®을 적용한 치면에 잇솔질을 적용하기 위하여 시편을 (A)와 (B)로 분리하였다.

(8) Dentto-dam® 도포: Icon®을 적용한 치면 중 잇솔질로 인한 영향을 받지 않는 부위(A)를 형성시키기 위하여 해당 부위를 레진성분인 Dentto-dam® (More M&D®, USA)을 도포한 후 광조사기를 이용하여 10초간 광증합 하였다. Dentto-dam®은 전문가 치아미백 시 잇몸 보호를 위해 사용하는 레진이다. Dentto-dam으로 피개되지 않은 부위는 잇솔질로 인한 마모에 노출되는 부위(B)가 된다.

(9) 잇솔질 마모시험 적용: 잇솔질마모시험기(DE/D15 525X, Braun®, Korea)를 이용하여 (A)와 (B) 치면에 각 군에 해당되는 잇솔질 횟수를 적용하였다.

잇솔질마모시험에 사용된 잇솔(Hiclean®, 리더스컴퍼니®, Seoul, Korea)은 두부 모양이 직사각형이며, 두부 길이가 2.5

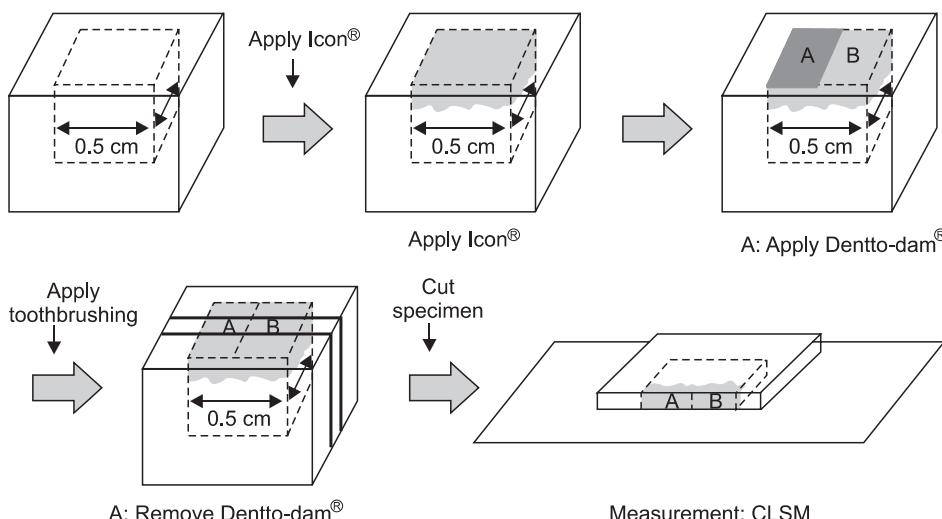


Fig. 2. The preparation of specimens for CLSM observation.

cm이고, 강모속(tufts)이 4열이며, 강모단면(plane of bristle ends)이 평평한 모양이다. 잇솔의 행정 속도는 1초당 1회 왕복하여 2회의 행정이 이루어지도록 120 rpm의 조건으로 적용되었다. 잇솔질을 3개월 하였을 때의 횟수인 2,700회마다 잇솔을 교환하였다. 그리고 중등도의 마모도를 가진 치약(페리오A알카액션®, LG생활건강®, Seoul, Korea)을 사용하였다¹²⁾. 잇솔질 마모시험 중에 치약에 포함된 연마입자들의 침전이 일어나지 않으면서 시편의 표면에서 습윤 상태가 유지되도록 하기 위해 치약과 중류수의 중량비를 1:1로 혼합하였다. 슬러리는 2,700회 잇솔질을 적용한 후 매번 교환하였다. 1,800회의 잇솔질을 적용할 시편의 경우에는 슬러리를 만들어 1,800회의 잇솔질 행정을 모두 적용한 후에 사용한 슬러리는 버렸으며, 5,400회 잇솔질을 적용할 시편의 경우에는 슬러리를 만들어 2,700회까지 이용하였고 2,701회의 잇솔질 행정부터는 새로운 슬러리로 교체하여 잇솔질 행정을 시행하였다. 이와 동일한 방법으로 간 군에 적용하여 슬러리를 교환하였다.

(10) Dentto-dam® 제거: 시편 관찰을 위해 (A) 치면에 도포된 레진 Dentto-dam®을 sickle scaler를 이용하여 제거하였다.

(11) 시편 절단: 시편을 미세절단기에 장착하고 시편의 중앙부위가 포함될 수 있도록 폭 0.8 mm로 절단하여 표본을 얻었다. 그 후, 표본을 중류수로 1분간 세척하고 건조 시킨 후 slide glass에 접착테이프(No. 471, 3M®, Korea)를 이용하여 고정하였다.

3.5. 시편 관찰

준비된 시편은 CLSM (LSM 510®, Carl Zeiss Meditec AG®, Germany)의 He-Ne 레이저를 광원으로 사용하여 200배의 배율로 관찰하였다. 또한 Rhodamine Red-X-IgG를 구별하기 위하여 543 nm excitation filter와 600 nm pass filter를 사용하였으며 He-Ne 레이저의 강도는 80%로 설정하였다. 촬영을 시행한 후 ZEN 2010 Light Edition 프로그램(Carl Zeiss Meditec AG®, Germany)을 이용하여 시편별 Icon®의 침윤깊이와 마모깊이를 측정하였다.

침윤깊이와 마모깊이를 측정하기 위하여 잇솔질이 적용된 부위와 잇솔질로부터 보호된 부위의 경계점(이하 마모경계점이라 한다)을 CLSM 영상에서 마모가 일어난 부분의 시작점을 기준으

Table 1. Infiltrated depth of the Icon® before brushing for each group

Specimen group for each stroke frequency	N	Mean infiltration depth (μm) \pm SD	P-value
1,800	12	105.26 \pm 36.06	0.231
5,400	12	99.47 \pm 29.66	
10,800	12	83.70 \pm 28.18	
21,600	12	114.17 \pm 48.12	
43,200	12	90.35 \pm 26.34	

The data were analysed by one way ANOVA.

로 설정하였다. 마모경계부분이 직각이 아니라 사면으로 형성되어 있는 경우에는 사면의 중간지점을 마모경계점으로 설정하였다. Icon®의 침윤깊이와 마모깊이는 마모경계점으로부터 20 μm 떨어진 부위부터 마모경계점으로부터 120 μm 떨어진 부위까지의 100 μm 길이에 해당하는 부위중 가장 깊게 침윤된 곳과 가장 얕게 침윤된 곳의 깊이의 평균값을 택하여 계산하였다.

3.6. 통계분석

레진 침윤깊이와 잇솔질 횟수에 따른 마모깊이를 비교하기 위해 IBM SPSS 19.0 for Windows® 프로그램(SPSS®, Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였다. 잇솔질 횟수에 따른 Icon®을 적용한 법랑질의 마모깊이에 대한 각 군 간 차이의 통계검정은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 일원배치 분산분석을 실시하기 전에 Levene 통계량을 사용하여 표본이 무작위로 추출되었으며 모집단은 동일한 분산을 가지고 있다는 가정을 충족시키는지를 확인하였다. 일원배치 분산분석을 시행한 후 유의한 차이가 있는 경우, Scheffé의 사후검정(Scheffé's multiple comparison test)을 시행하였다.

연구성적

1. CLSM을 이용한 Icon®의 침윤깊이

잇솔질 횟수집단별로 시편을 할당한 후, 할당된 시편집단별 잇솔질 전 레진침윤 깊이에 유의한 차이가 있는지 CLSM을 사용하여 평가한 결과, 평균 침윤 깊이는 98.59 μm 로 나타났고 (Table 1), 군 간 침윤깊이의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다 ($P>0.01$).

2. CLSM을 이용한 Icon® 적용 법랑질의 마모양상

잇솔질 시행 후, 잇솔질 횟수에 따른 Icon®의 마모깊이는 Table 2와 같으며, 마모양상은 Fig. 3과 같다. 잇솔질 행정의 횟수가 많아질수록 대조표면에 비하여 잇솔질 행정을 시행한 실험표면이 더 깊게 마모된 양상을 관찰할 수 있다.

Table 2. The depth of wear according to the tooth brushing stroke frequency in case of resin-infiltrated bovine enamel observed with CLSM

Tooth brushing stroke frequency	N	Mean (μm) \pm SD [†]	P-value*
1,800	12	6.66 \pm 1.34 ^a	<0.0001
5,400	12	9.40 \pm 0.54 ^b	
10,800	12	10.84 \pm 0.38 ^b	
21,600	12	12.93 \pm 0.79 ^c	
43,200	12	17.45 \pm 3.17 ^d	

*The data were analysed by one way ANOVA.

^{†a-d}The different letter indicates significant difference ($P<0.05$) in Scheffé's multiple comparison test.

고 안

레진침윤법은 진전우식병소에 대한 레진충전법과 달리 치질의 삭제가 불필요하고¹³⁾, 자가불소도포와 달리 환자의 협조도에 의존하는 바가 적으며¹⁴⁾, 전문가불소용액 또는 전문가불소젤 도포와 달리 1회 치치로 장기간의 효과를 기대할 수 있다¹⁵⁾. 그러나, 레진침윤법에 사용하는 Icon[®]은 병소내로 레진의 침윤능력을 향상시키기 위해 TEGDMA를 주성분으로 하며, 충전재를 포함시키

지 않은 레진(unfilled resin)이어서¹⁵⁾, 인접면이 아닌 잇솔질에 노출되는 협·설면의 경우 Icon[®]으로 처리된 법랑질 표면은 건전 법랑질 표면 또는 재광화된 탈회 우식병소 법랑질 표면보다 마모저항성이 낮아 치아 마모가 촉진될 가능성이 있다. 따라서 우치의 건전법랑질 표면과 Icon[®]을 침윤시킨 법랑질 표면에 잇솔질 마모시험을 시행한 후 CLSM을 이용하여 마모깊이와 마모양상을 평가할 목적으로 이 연구를 시행하였다.

이 실험에서 우치의 건전법랑질에 레진침윤법을 적용하였을

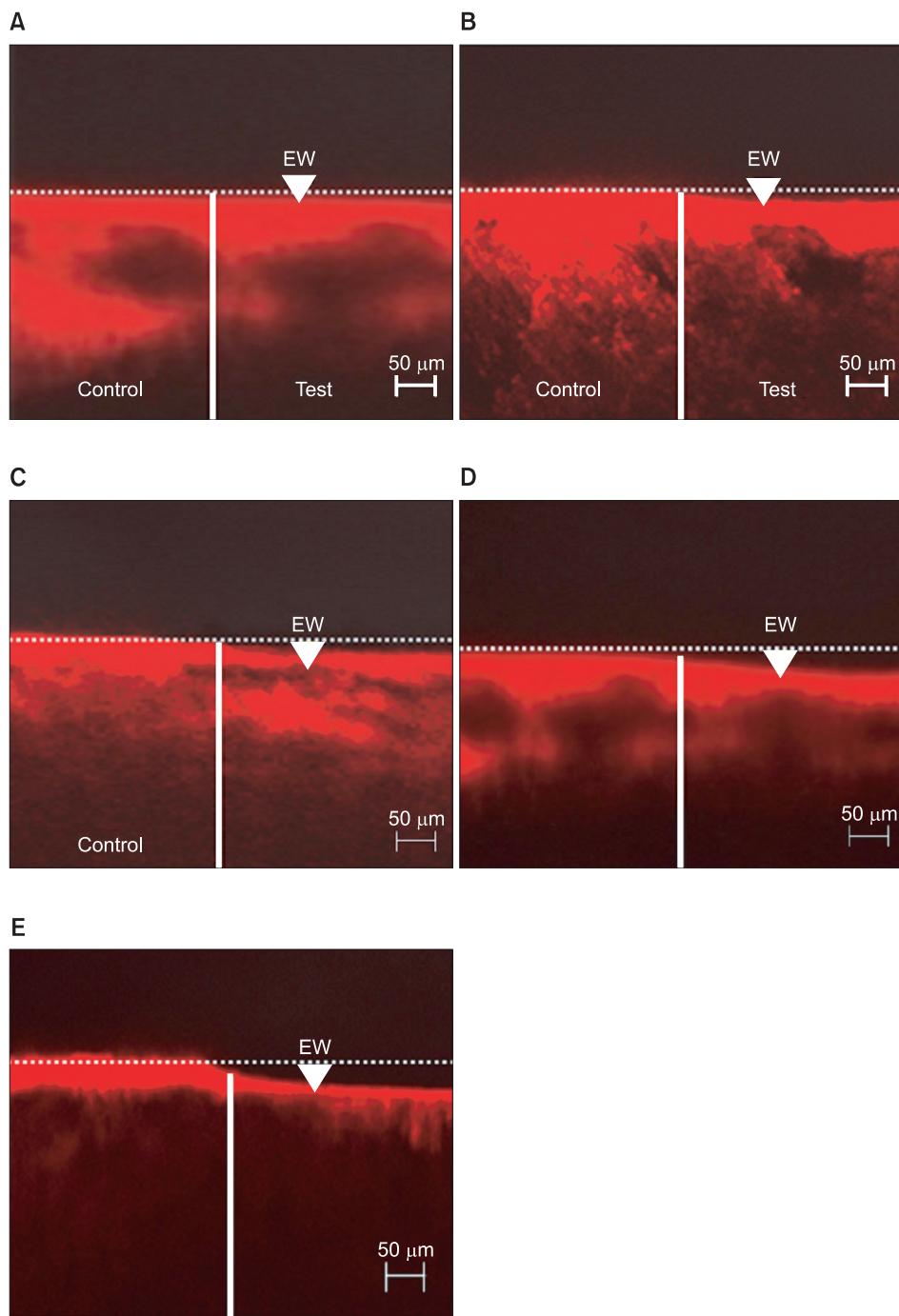


Fig. 3. CLSM images of the enamel wear. EW: Enamel wear; control: resin-infiltrated enamel; test: surfaces of enamel after brushing 1,800 strokes (A), 5,400 strokes (B), 10,800 strokes (C), 21,600 strokes (D), and 43,200 strokes (E), respectively.

때 침윤깊이는 CLSM을 통하여 확인한 결과, 평균 $98.59\text{ }\mu\text{m}$ 이었다(Table 1). Meyer-Lueckel 등¹⁶은 인접면에 법랑질 초기우식을 보이는 발거된 소구치와 대구치에 산 부식 처리에 따른 레진의 침윤 깊이를 평가하였다. 염산으로 산 부식 처리 후 침윤된 레진 깊이는 $58\text{ }\mu\text{m}$ 이었으며, 인산으로 산 부식 처리 후 침윤된 레진 깊이는 $18\text{ }\mu\text{m}$ 이라고 보고하였다. Meyer-Lueckel 등⁴은 우치에 인공우식병소를 발생시킨 후 레진 침윤 적용시간에 따른 침윤깊이를 평가하였다. 15초의 침윤 시간을 부여한 경우 레진 종류에 따라 $29\text{--}48\text{ }\mu\text{m}$ 까지 침윤되었으며, 30초의 침윤 시간을 부여한 경우 $47\text{--}105\text{ }\mu\text{m}$ 까지 침윤되었다고 보고하였다. Kim 등¹³은 인접면에 법랑질 초기우식을 보이는 발거된 유구치에 15%의 염산으로 15초간 산 부식 처리하였을 때 레진이 약 $23\text{ }\mu\text{m}$ 침윤되었다고 보고하였다. Kim 등¹⁷은 인접면에 비와동성 초기우식 병소를 보이는 교정 목적으로 발거된 소구치를 대상으로 15% 염산으로 2분간 산 부식 처리한 후 레진을 침윤시켰을 때 $433\text{ }\mu\text{m}$ 이 침윤되었다고 보고하였다. 이처럼 레진의 침윤깊이가 다양하게 나타나는 것은 각 연구마다 법랑질이 건전한 상태이거나 우식상태이냐에 따라 달라지고, 우식상태라고 할지라도 탈회된 정도에 따라 레진의 침윤로 너비가 달라지며, 실험에 이용한 치아가 우치나 인치냐에 따라서도 달라질 수 있다. 그리고 실험에 사용한 법랑질의 경도에 따라서도 달라질 수 있으며, 부식제의 종류와 부식시간에 따라서도 달라지고, 실험에 사용하는 레진의 종류에 따라서 달라지며, 침윤을 위해 레진을 적용하는 시간에 따라서도 달라질 수 있다. 이 실험에 사용한 우치는 건전상태의 법랑질인데 이 때 평균 레진침윤깊이가 약 $100\text{ }\mu\text{m}$ 이었는바, 자연 또는 인위적 우식을 유발한 법랑질에서는 침윤되는 깊이가 더 깊어질 것으로 사료된다. 이 실험의 목적이 마모되는 정도를 파악함에 있으므로 얼마나 심부까지 침윤되는가 하는 점보다 표면으로부터 얼마나 마모되느냐가 실험에서의 중요한 관심사이다.

잇솔질 마모시험은 1일 3회 회전법으로 잇솔질을 하는 것을 기준으로하여 1,800회의 잇솔 행정을 2개월의 잇솔질로 가정하였으며, 최대 48개월(43,200회)에 해당하는 잇솔 행정을 시행한 후, 잇솔 행정 횟수에 따른 법랑질의 마모깊이를 CLSM을 이용하여 측정하였다.

Icon[®]을 침윤시킨 후, 일부분만 잇솔질을 시행하여 CLSM으로 관찰한 결과, 잇솔질 행정 횟수에 따른 법랑질 표면의 마모 양상은 잇솔질 행정 횟수가 증가함에 따라 마모깊이도 증가하는 양상을 보였다(Table 2, Fig. 3). CLSM 관찰 결과, 2개월에 해당하는 1,800회의 잇솔 행정을 가한 후 마모깊이는 $6.66\text{ }\mu\text{m}$ 으로, 이는 법랑질 표면에 퍼미스를 이용하여 러버컵으로 30초간 표면을 연마할 경우 발생하는 법랑질 소실깊이인 $4\text{ }\mu\text{m}$ ¹⁸과 유사한 수준이다. 그리고 4년에 해당하는 43,200회의 잇솔 행정을 가한 후에는 $17.45\text{ }\mu\text{m}$ 정도의 법랑질 소실이 있었다. 이는 치아 표면의 잔여 레진을 green rubber wheel[®]을 이용하여 제거할 경우 발생하는 법랑질 소실깊이인 $18.4\text{ }\mu\text{m}$ ¹⁹과 유사한 수준이다.

잇솔질 요인만으로 마모저항성을 평가하였을 때 CLSM으로 관찰한 실험결과, 레진침윤법을 적용한 법랑질 표면에 4년에 해당

하는 잇솔 행정을 가한 후 소실되는 법랑질은 교정치료 시 브라켓의 제거, 잔여레진의 제거, 그리고 표면의 연마로 소실되는 법랑질의 총량이 대략 평균적으로 $30\text{--}100\text{ }\mu\text{m}$ 인 것²⁰과 비교하면 우려할 수준은 아니라고 생각된다.

이 연구는 레진침윤법을 적용한 시편만을 대상으로 마모도를 측정하였고 잇솔질이 시행되지 않은 건전 법랑질을 대조표면으로 설정하였는 바, 향후 건전 법랑질에도 잇솔질을 적용하여 레진 침윤법을 적용한 법랑질과의 마모도를 비교하는 연구가 후속진행됨이 필요하다고 판단된다.

구강내 환경을 고려하여 실제적인 마모양상을 확인하기 위해서는 인체 내의 치아에서 마모도를 측정하는 방법이 더 유리하겠지만, 구강내에서 측정하는 것은 식이, 구강환경 관리 방법 등 마모에 영향을 미치는 여러 요인들을 조절하기 어렵다. 이러한 이유로 본 연구는 실험연구로 잇솔질에 의한 마모저항성을 평가하였으나, 향후의 연구에서는 인체내에서 장기간에 걸친 잇솔질 후 마모양상을 관찰할 수 있다면 더 바람직할 것이다.

아울러, 이 실험은 우치의 건전법랑질에 레진침윤법을 적용하여 잇솔질에 의한 마모저항성을 확인하였으나, 우식 병소의 진행 정도가 상이한 법랑질에 동일한 술식을 적용하였을 때에는 마모저항성에 차이가 있을 것으로 판단된다. 그리고 본 실험은 시편의 면적을 구분한 실험을 위하여 일정 크기 이상의 법랑질 시편이 필요하였기에 크기가 상대적으로 큰 우치를 이용하여 실험하였으나, 사람의 치아에 Icon[®]을 적용하는 후속연구가 있을 경우 더욱 바람직할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 레진침윤법을 적용한 법랑질 표면에 잇솔질 마모시험을 시행한 후, CLSM을 이용하여 Icon[®]의 침윤깊이와 마모깊이를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 건전 우치 법랑질에 Icon[®]을 적용하였을 때의 평균 침윤깊이는 $98.6\text{ }\mu\text{m}$ 로 측정되었다($P>0.01$).

2. 잇솔질 행정횟수가 많아질수록 마모 정도도 통계적으로 유의하게 증가하였으나($P<0.001$), 4년간의 하루 3회 잇솔질에 해당하는 43,200회의 잇솔질 행정에 의한 레진이 침윤된 우치 법랑질의 마모깊이는 평균 $17.5\text{ }\mu\text{m}$ 이었다.

4년에 해당하는 잇솔 행정을 시행한 후 마모된 깊이가 $20\text{ }\mu\text{m}$ 에 미치지 못함을 감안할 때, 레진침윤법을 임상적으로 활용할 때에 잇솔질에 의한 마모를 우려할 수준은 아닌 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Harris NO, Segura A. The developing carious Lesion. In: Harris NO, Garcia-Godoy F. Primary preventive dentistry. 6th ed. New Jersey:Pearson Education Inc.;2004:45-72.
2. González-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ, Li Y, Fischer GM, Proskin HM, et al. Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A Correlational

- Study. *Caries Res* 1998;32:385-392.
3. Stecksen-Blicks C, Renfors G, Oscarson ND, Bergstrand F, Twetman S. Caries-preventive effectiveness of a fluoride varnish: a randomized controlled trial in adolescents with fixed orthodontic appliances. *Caries Res* 2007;41:455-459.
 4. Meyer-Lueckel H, Paris S, Mueller J, Cölfen H, Kielbassa AM. Influence of the application time on the penetration of different dental adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. *Dent Mater* 2006;22:22-28.
 5. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM. Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res* 2007;86:662-666.
 6. Kim MJ, Lee DS, Kim S, Jeong TS. The anticariogenic effect of resin infiltration according to the pretreatment of surface layers in natural incipient caries lesions. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2010;37:412-421.
 7. Meyer-Lueckel H, Paris S. Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. *Caries Res* 2008;42:117-124.
 8. Ekstrand KR, Bakhshandeh A, Martignon S. Treatment of proximal superficial caries lesions on primary molar teeth with resin infiltration and fluoride varnish versus fluoride varnish only: efficacy after 1 year. *Caries Res* 2010;44:41-46.
 9. Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. *J Dent Res* 2010;89: 823-826.
 10. Paris S, Meyer-Lueckel H. Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. *Caries Res* 2010;44:47-54.
 11. Wiegand A, Stawarczyk B, Kolakovic M, Häggerle CH, Attin T, Schmidlin PR. Adhesive performance of a caries infiltrant on sound and demineralised enamel. *J Dent* 2011;39:117-121.
 12. Ha JE, Kang YJ, Jin BH, Paik DI, Bae KH. Relative tooth abrasivity of the dentifrices marketed in Korea. *J Korean Acad Oral Health* 2011;35:18-22.
 13. Kim IY, Jeong TS, Kim S. Histologic feature and infiltration of adhesive resin according to pretreatment on proximal early caries lesion. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2009;36:30-37.
 14. Frazier MC, Southard TE, Doster PM. Prevention of enamel demineralization during orthodontic treatment: An in vitro study using pit and fissure sealants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:459-465.
 15. Kielbassa AM, Muller J, Gernhardt CR. Closing the gap between oral hygiene and minimally invasive dentistry: a review on the resin infiltration technique of incipient (proximal) enamel lesions. *Quintessence Int* 2009;40:663-681.
 16. Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res* 2007;41:223-230.
 17. Kim EY, Kwon MS, Kim S, Jeong TS. The characteristics of resin infiltrated incipient carious lesions. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2012;39:1-10.
 18. Darby ML, Walsh MM. *Dental hygiene theory and practice: Extrinsic and intrinsic stains and their management*. 3rd ed. Missouri:Saunders;2003:440-456.
 19. Pus MD, Way DC. Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. *Am J Orthod* 1980;77:269-283.
 20. Wilkins EM. *Clinical practice of the dental hygienist: Prevention. Patient with orthodontic appliances*. 10th ed. Philadelphia:Wolters Kluwer;2009:458-471.