

Evaluation of Microtensile Bond Strength of Sealant Depending on the Duration of Etching and the Use of Bonding Agent

Seoyoun Shim¹, Hojun Song², Sunmi Yang¹, Jaehwan Kim¹, Seonmi Kim¹, Namki Choi¹

¹Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University

²Department of Dental Materials, School of Dentistry, Chonnam National University

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of etching time and bonding agents on bond strength of sealant applied to the occlusal surface of primary molars.

Forty non-carious exfoliated human primary molars were included in the study. The teeth were randomly divided into 4 groups for measurement. For group I, no acid etching treatment was used. For group II, III, and IV, acid etching gels were applied on the occlusal surface for 15, 30, and 60 seconds, respectively. Each group was divided into 2 subgroups; one group was treated with bonding agents on the enamel while the other was not. Microtensile bond strength was evaluated using a universal testing machine.

There were no statistically significant differences in bond strength with varying duration of etching among groups. The results revealed that the use of bonding agents prior to application of fissure sealant increased the bond strength ($p < 0.05$).

It could be concluded that etching time greater than 15 seconds does not significantly enhance the bond strength, but the use of bonding agents as an intermediate layer between the primary molar and fissure sealant would be beneficial in increasing the bond strength.

Key words : Pit and fissure sealants, Etching time, Bonding agent, Microtensile Bond strength, Primary molars

I. 서 론

치아의 좁고 깊은 소와 및 열구 부위는 해부학적으로 치아 우식증이 발생하기 쉬운 부위이다. 치면열구전색은 산부식된 법랑질 표면에 레진 재료를 기계적으로 접착하여 존재하는 소와 및 열구 부위를 밀폐하는 술식으로 어린이의 교합면 우식 예방에 매우 효과적이다[1]. 2016년 미국소아치과학회의 가이드라인에 따르면 영구치와 유치의 치면열구전색은 교합면 우식을 75% 예

방한다고 보고하고 있다. 그러나 대부분 영구치와 관련된 연구이므로 유구치의 치면열구전색과 관련된 추가적인 연구가 필요하다고 보고하였다[2].

유치와 영구치의 법랑질 구조에는 차이가 있는데, 유치의 법랑질에는 무소주법랑질층(prismless enamel layer)이 영구치의 법랑질에 비해 더 높은 빈도로 나타난다. 이러한 무소주법랑질층은 법랑질 표면에 존재하는 층으로 산에 저항하여 산부식 효과를 감소시키고 이는 레진의 유지력에 부정적인 영향을 미친다

Corresponding author : Namki Choi

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University, 33 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 61186, Korea

Tel: +82-62-530-5660 / Fax: +82-62-530-5669 / E-mail: nkchoi@chonnam.ac.kr

Received November 14, 2017 / Revised December 1, 2017 / Accepted November 28, 2017

[3,4]. 여러 연구에서는 유치의 이러한 층을 제거하기 위하여 법랑질 표면의 기계적인 제거와 60초 이상의 증가된 산부식 시간이 필요하다고 주장하였다[5,6]. 그러나 유치의 산부식 시간과 결합력에 관한 연구 결과 산부식을 30초 시행하였을 때 가장 유지력이 우수하다고 보고한 연구가 있는 반면, 유치 법랑질의 최소의 산부식 시간은 15초라고 보고한 연구도 있었다[7-9]. 또한, 교합면 열구 상부와 내부 법랑질에는 무소주법랑질층이 존재하여 산부식 형태와 치면열구전색제의 유지력에 영향을 줄 수 있고, 일반적으로 권장되는 산부식 시간으로 부식이 잘 되지 않는다는 보고가 있다[10,11]. 그러나 치면열구전색제와 법랑질 표면의 결합강도를 측정된 기존의 연구는 대부분 협설측 평활면의 법랑질을 사용하여 결합강도를 측정하였으므로, 전색제가 교합면의 소와 및 열구의 법랑질과 접착하는 경우와 유의한 차이가 발생할 수 있다.

치면열구전색제의 유지력을 증가시키기 위한 방법으로 전색제 도포 전에 접착제를 적용하는 방법이 제시되었다. 여러 연구에서 접착제의 적용은 치면열구전색의 유지율을 증가시키고 미세누출을 감소시킨다고 보고하였다[12,13]. 그러나 접착제의 적용이 유지를 증가시키지 않는다는 연구 결과도 있다[14]. 치면열구전색제의 접착제를 적용한 결합강도에 관련된 연구는 대부분 영구치를 대상으로 하여 유치에 관한 연구가 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 산부식 시간과 접착제 적용에 따른 영구치 교합면 열구 법랑질과 치면열구전색제의 미세인장 결합강도를 비교, 평가하고 파절면의 파절양상을 관찰하여 영구치 치면열구전색의 유지력을 향상시킬 수 있는 방법에 대하여 알아보고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

우식이나 결합부위가 없이 발거된 사람의 하악 제2유구치 40개를 대상으로 하였다. 산부식을 위하여 37% 인산 젤은 ETCH-37 (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)을 사용하였고, 전색제는 Clinpro (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 접착제는 Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 사용하였으며 복합레진은 Estelite Σ (Tokuyama Dental Corp., Japan)을 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 군의 분류

치아는 산부식 시간에 따라 무작위로 산부식을 시행하지 않은 I 군과 산부식을 각각 15초, 30초, 60초 시행한 II, III, IV군으로 10개씩 분류하였다. 각 군은 다시 접착제의 적용 유무에 따라 접착제를 적용하지 않은 A군, 접착제를 적용한 B군으로 2개의 하위 군으로 나누어 총 8개 군으로 분류하였다.

2) 시편 제작

각 군의 치아는 20초간 세정한 후 II, III, IV군의 치아는 산부식을 시행하고 20초 동안 물로 세척하고 10초 동안 3 way syringe를 이용하여 공기 건조하였다. A군의 치아는 제조사의 지시에 따라 치면열구전색제를 도포하고 20초간 광중합하였다. B

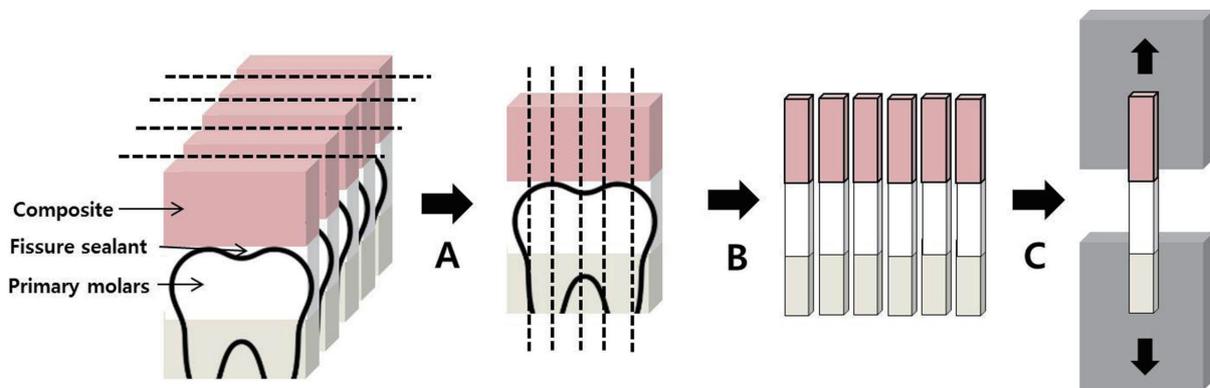


Fig. 1. Schematic diagram of preparation for microtensile bond testing. (A) Fissure sealants were restored on occlusal surface of primary molars and sectioned into buccal-lingual parallel slices 1 mm thick, (B) New sections 1 mm thick were performed in each slice perpendicular to the first section to obtain sticks with a cross-sectional area of 1 mm × 1 mm, (C) Microtensile bond strength test at a crosshead speed of 1 mm/min.

군은 접착제를 적용한 후 20초간의 광중합을 시행하고 치면열구전색제를 도포하여 20초간 광중합하였다. 미세인장 결합강도 측정을 위해 전색제 위에 복합레진을 2 mm 충전하고 광중합하였다. 그 후 시편 준비를 용이하게 하기 위해 치아를 에폭시 레진에 포매하였다.

주수 하에 저속 diamond saw (ISOMET 1000; Beuhler Ltd, Lake Bluff, NY, USA)를 이용하여 치아 장축을 따라 1 mm 두께로 절단하였다. 이를 다시 수직 절단하여 단면적이 약 1 mm² 너비가 되도록 막대형 시편을 제작하였다(Fig. 1).

최종적으로 치아시편은 산부식 시간에 따른 4개 군과 접착제 적용여부에 따른 2개 군의 조합에 따라 총 8개 군으로 구분되었으며 각 군당 20개의 시편이 제작되었다.

3) 미세인장 결합강도의 측정

각 시편은 미세인장 결합강도를 측정하기 전 24시간 동안 증류수에 보관하였다. 시편을 universal testing machine (RB 301 UNITECH; R&B Inc, Daejon, Korea)의 Geraldeli jig에 cyanoacrylate를 이용하여 양 끝을 고정시켰다(Fig. 2). 시편이 파

절될 때까지 1 mm/min의 속도로 인장하중을 가하고 접착된 부위가 분리되는 순간의 최대 결합강도를 측정하였다.

4) 파절 양상 평가

각 시편의 파절 양상을 결정하기 위해 40배율에서 실체현미경(Olympus SZX-ILLB100; Olympus Optical, Tokyo, Japan)으로 관찰하였다. 파절 양상에 따라 전색제-치아 계면 상에서 파절이 발생한 접착파절(adhesive failure), 전색제 내부에서 파절이 발생한 응집파절(cohesive failure), 접착파절과 응집 파절이 동시에 일어난 혼합파절(mixed failure)로 분류하였다. 각 파절시편 중 대표적인 것을 선정하여 Au-Pd로 코팅하고, 주사전자현미경(field-emission scanning electron microscopy; FESEM, Hitachi S-4700, Japan)을 이용하여 파절 표면을 100배 확대 촬영하였다.

5) 통계분석

산부식 시간과 접착제 적용이라는 두 가지 요인이 미세인장 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 95% 신뢰수준에서 이원분산분석(2-way ANOVA)을 시행하고, Tukey's Post Hoc Test로 사후 검정을 시행하였다.

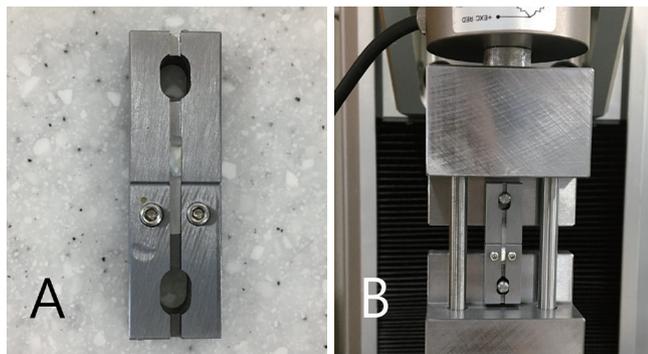


Fig. 2. (A) A Geraldeli jig used for microtensile bond testing, (B) A Geraldeli jig of the universal testing machine.

III. 연구 성적

1. 미세인장 결합강도

산부식 시간과 전색제 적용 여부에 따른 각 군별 미세인장 결합강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 1).

산부식을 시행하지 않은 시편은 검사 전 파절로 인하여 미세인장 결합강도를 측정할 수 없었다. 평균 미세인장 결합강도는 60초 산부식을 시행한 군에서 가장 높고, 그 다음 30초, 15초 순이었으나, 산부식 시간에 따른 평균 미세인장 결합강도는 통계

Table 1. Mean microtensile bond strengths and statistical comparison among groups

Groups	Acid etching only		Acid etching + adhesive	
	n	Mean ± S.D.(MPa)	n	Mean ± S.D.(MPa)
I	20	-	20	-
II	20	19.7 ± 4.3 ^a	20	23.3 ± 4.1 ^b
III	20	20.6 ± 4.3 ^a	20	23.4 ± 3.9 ^b
IV	20	20.8 ± 4.8 ^a	20	23.0 ± 5.4 ^b

Tukey's Post Hoc Test
SD = standard deviation, MPa = megapascals
Different superscript letters denote significant differences within rows($p < 0.05$).
Same superscript letters are not significantly different within columns.

적으로 유의한 차이가 없었다.

접착제를 적용한 군은 접착제를 적용하지 않은 군보다 통계적으로 유의하게 더 높은 결합강도를 보였으며($p < 0.05$), 산부식 시간에 따른 유의한 차이는 없었다.

2. 파절 양상

파절 양상에 따른 시편의 수는 Table 2에 나타냈고, 각 파절 양상의 대표적인 현미경 사진은 Fig. 3에 나타나 있다.

모든 그룹에서 혼합파절이 가장 높은 비율을 보였고, 응집파절, 접착파절 순이었다. 접착제를 적용한 군에서 접착제를 적용하지 않은 군보다 응집파절이 더 많이 발생하였다.

IV. 총괄 및 고찰

치면열구전색은 교합면 열구에 산부식 법랑질 표면을 형성하여 레진 재료의 기계적 결합에 의해 소와 및 열구를 구강 환경으로부터 밀폐하는 술식으로 이를 통해 소와 및 열구에 세균의 집락을 예방할 수 있다[15]. 전색제의 유지는 치아우식 예방능력

에 영향을 주고, 전색제의 유지율은 레진재료와 법랑질의 결합력과 직접적인 관련이 있다[16]. 그러나 유치의 법랑질에는 무소주법랑질층이 존재하여 산부식 효과를 감소시킨다고 보고되었다[17]. 게다가 Feldens 등[11]은 구치의 교합면 열구의 바닥에는 무소주법랑질층이 존재하므로 이 층이 제거되어야 한다고 주장하였다. 이러한 요인은 유치의 법랑질과 치면열구전색제의 결합을 방해하여 조기 탈락할 수 있다. 따라서 본 연구에서 유치 전색제의 유지력을 향상시키기 위하여 산부식 시간과 접착제 적용 여부에 따른 유치의 법랑질과 치면열구전색제의 결합강도를 측정하여 비교하고자 하였다.

기존에는 치과 재료의 결합강도를 평가하기 위하여 전단강도, 인장강도, 굴곡강도 등의 전통적인 방법들이 사용되었다. 그러나, 이러한 결합강도 측정 시 모든 응력이 기질에 집중되어 실제보다 더 빠르게 파절이 발생한다는 문제점이 보고되었다. 이후, Sano 등[18]에 의해 소개된 미세인장 결합강도 방법으로 대체되었다. 이 방법은 하나의 치아로 여러개의 시편을 제작할 수 있고, 더 적은 표면적을 사용하여 응력 분산에 효과적인 장점이 있으나, 시편의 제작이 다소 어려운 단점이 있다[19,20]. 또한, 전통적인 인장강도와 전단강도 측정은 법랑질 표면을 편평하게 처

Table 2. The number of specimens according to the failure mode

Groups	Adhesive failure	Cohesive failure	Mixed failure	Total
IIA	3	5	12	20
IIB	1	7	12	20
IIIA	2	4	14	20
IIIB	1	5	14	20
IIVA	3	4	13	20
IIVB	2	6	12	20

A: Acid etching only, B: Acid etching + adhesive

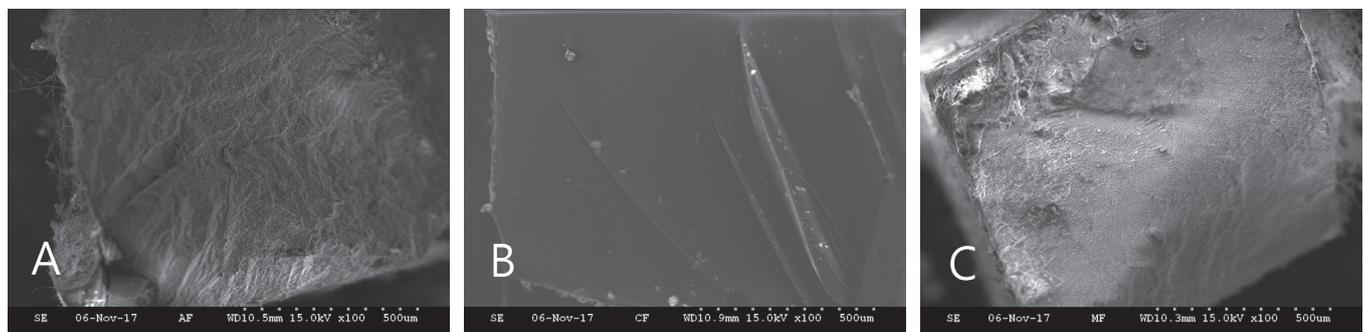


Fig. 3. Scanning electron microscope images of representative samples of each fracture mode. (A) Adhesive failure, (B) Cohesive failure, (C) Mixed failure.

리하는 과정이 필요하여 건전한 법랑질 표면과 재료의 결합강도를 측정하기 어려웠다. 반면, 미세인장 결합강도 방법은 불규칙한 표면에서 임상적인 유지와 더 높은 관련성을 보인다는 증거가 있다[21,22]. 따라서 본 연구에서는 미세인장 결합강도 방법을 시행하여 직접 교합면의 소와 및 열구 법랑질과 전색제의 결합강도를 측정하고자 하였다.

본 연구에서 산부식을 시행하지 않은 군의 전색제와 법랑질 표면의 결합강도는 검사 전 파절(pre-testing failure)로 측정할 수 없었다. 이론적으로 검사 전 파절은 접착면의 매우 약한 결합력으로 5 - 7 MPa임을 나타낸다고 하였다[23,24]. Ramires 등[25]은 검사 전 파절된 값을 4 MPa로 예측하여 결과에 포함시켜 통계분석하였으나 그 결과에는 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 검사 전 파절이 일어난 경우는 결과에서 제외하였다.

본 연구 결과 산부식을 시행한 유치 법랑질과 치면열구전색제의 결합강도는 산부식 시간이 15, 30, 60초로 증가함에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이전의 여러 연구에서는 산부식 시간에 따른 유치의 소와 및 열구 법랑질에 대한 결합강도 측정이 시행된 바가 없어 직접적으로 비교할 수 없었으나 Redford 등[9]의 유치 평활면에서 15, 30, 60, 120초 산부식 시간에 따른 전색제의 평균 전단 결합강도가 통계적으로 유의한 차이가 없었던 점과 일치하였다. 하지만 그들은 15초와 30초의 산부식을 시행한 경우 표준편차가 크게 나타나 완전한 산부식을 위하여 60초의 산부식 시간을 추천하였다. Gwinnett과 Garcia[26]도 유치 법랑질에 산부식을 15초와 60초 시행한 결과 레진 전단 결합강도에 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 Hosoya와 Goto[7]는 연마된 유치 법랑질에서 10, 20, 30, 60초 산부식을 시행한 연구에서 30초 산부식을 시행하였을 때 가장 전단 결합강도가 우수하다는 결과를 보고하였다. 또한 30초 이상 산부식을 시행한 경우 법랑질 표면에 큰 차이가 없다는 연구결과도 있었다[27]. 하지만 본 연구 결과 유치에서 산부식 시간에 따른 전색제의 결합력에 유의한 차이가 없었으므로 어린이들에서 타액오염의 가능성을 증가시키는 긴 산부식 시간은 불필요할 것으로 생각된다.

1992년 Hitt와 Feigal[28]은 처음으로 치면열구전색제를 사용하기 전 상아질 접착제를 적용하는 방법을 제안하였다. 접착제의 적용은 전색제의 유지에 영향을 주지 않는다는 보고도 있었다[14]. 그러나 여러 영구치와 우치를 대상으로 한 연구에서 전색제를 사용하기 전 접착제를 적용하면 유지력이 증가한다고 보고되었다[12,13,29,30]. 또한, 접착제는 표면젖음성을 증가시켜 무소주법랑질층과 전색제의 결합을 향상시켜줄 수 있다고 보고되었다[31]. 본 연구 결과에서도 유구치의 교합면 법랑질에 전색

제를 적용하기 전 접착제를 사용한 그룹에서 접착제를 사용하지 않은 그룹보다 유의하게 높은 결합강도를 나타내었다. 이는 유구치의 교합면에 전색제와 접착제를 적용한 후 미세인장 결합강도를 측정하여 비교한 연구에서 전색제보다 전통적인 접착제가 더 높은 결합강도를 보인 것으로 보아 전색제보다 접착제의 결합력이 더 높기 때문인 것으로 판단된다[32].

30 - 40% 인산으로 산부식한 법랑질과 레진의 전단결합강도는 약 20 MPa이고, 이는 전치부, 구치부 수복뿐 아니라 교정용 브라켓, 레진 접착 보철물, 치면열구전색 등 다양한 임상에서 사용가능한 결합강도로 알려져 있다[33]. 본 연구에서 전색제를 단독으로 적용하여 결합강도를 측정한 결과 약 20 MPa로 나타났고, 이는 임상적으로 적용가능 할 것으로 보여진다. 그러나 본 연구와 같은 치면열구전색제 제품인 Clinpro™를 사용하여 미세인장 결합강도를 측정한 연구에서 Clinpro™는 다른 전색제와 달리 친수성 용매를 포함하고 있지 않기 때문에 타액에 오염된 경우 완전한 탈락을 보였다[25]. Tulunoğlu 등[34]의 연구에 따르면 유치에서 타액 오염된 법랑질에 접착제를 적용한 후 전색을 시행한 경우, 건조한 법랑질에 전색제를 단독으로 사용한 것보다 높은 결합강도와 낮은 미세누출을 보고하였다. 이는 상아질 접착제의 친수성 성분에 의해 타액 오염 후에도 높은 결합강도를 보이는 것으로 판단된다. 최근 연구 결과, 친수성 전색제에 비하여 소수성 전색제인 Clinpro™의 미세누출이 더 적고, 자가부식 프라이머를 사용한 전색제보다 Clinpro™의 전단결합강도가 더 높다고 보고되었다[35,36]. 따라서 타액오염의 위험이 있는 경우 친수성 용매를 포함하지 않은 전색제를 적용하기 전에 접착제를 사용하는 것이 유용할 것으로 고려된다.

연구 결과 접착제의 적용이 결합강도의 유의한 증가를 나타냈으나 산부식 시간 증가는 유의한 차이를 야기하지 않았다. 이 결과는 산부식 시간을 증가시켜도 법랑질과 접착제의 결합강도는 유의한 차이가 없다는 연구와 같은 결과를 보였다[37,38].

유치 법랑질의 교합면에 전색제를 적용하여 미세인장 결합강도를 측정한 Ramires 등[25]은 혼합파절 양상이 대부분이었고 전색제의 응집파절은 관찰되지 않았다고 보고하였다. 이번 연구에서도 혼합파절이 대부분이었으나, 치면열구전색제의 응집 파절도 관찰되었다. 접착제를 적용하지 않은 군은 접착파절과 응집파절의 비율이 비슷하지만 접착제를 적용한 군은 접착파절에 비해 응집파절의 비율이 더 높았다. 전체적으로 접착제를 적용한 군의 결합강도는 접착제를 적용하지 않은 군보다 유의하게 더 높았고 이를 통하여 결합강도가 높을수록 접착파절은 적고, 응집파절은 많은 경향을 보이는 것으로 연관하여 생각할 수 있다. 따라서 결합강도가 증가하면 접착계면의 결합보다 전색제 내부의 파절로 인한 실패가 더 증가한 것으로 생각된다.

본 연구는 유치의 교합면 소와 열구 법랑질에 대한 산부식 시간과 상아질 접착제의 적용여부에 따른 미세인장 결합강도를 평가한 보고로 실질적으로 전색제 처리 시 소와 및 열구에 적용하는 것을 반영하여 그 가치가 있다고 생각된다. 또한 향후 연구에서는 전색제를 적용한 법랑질의 단면연구 관찰이 필요할 것이다.

V. 결 론

산부식 시간과 접착제 적용 여부에 따른 유치 법랑질과 전색제의 미세인장 결합강도를 비교, 평가한 결과, 산부식 시간이 증가함에 따라 결합강도에 유의한 차이가 없었고, 접착제를 적용한 경우가 접착제를 적용하지 않은 경우보다 유의하게 더 높은 결합강도를 보였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 유치 법랑질의 산부식 시간은 15초 이상이면 결합력에 유의한 차이는 없으며, 전색을 시행할 때 접착제를 적용하여 전색제 유지를 증가시킬 수 있다고 생각된다.

References

- Ahovuoto-Saloranta A, Hiiri A, Mäkelä M, *et al.* : Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 3:CD001830, 2004.
- American Academy of Pediatric Dentistry and American Dental Association : Evidence-based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants. *Pediatr Dent*, 38:263-279, 2016.
- Gwinnett AJ : The ultrastructure of the "prismless" enamel of permanent human teeth. *Arch Oral Biol*, 12:381-388, 1967.
- Newman HN, Poole DF : Observation with scanning and transmission electron microscopy on the structure of human surface enamel. *Arch Oral Biol*, 19:1135-1143, 1974.
- Bozalis WG, Marshall GW Jr, Cooley RO : Mechanical pretreatment and etching of primary-tooth enamel. *ASDC J Dent Child*, 46:43-49, 1979.
- Fuks AB, Odont EE, Shapira J : Mechanical and acid treatment of the prismless layer of primary teeth vs acid etching only: A SEM study. *ASDC J Dent Child*, 44:222-225, 1977.
- Hosoya V, Goto G : Resin adhesion to the ground primary enamel: influence of etching times and thermal cycling test. *J Clin Pediatr Dent*, 17:25-31, 1992.
- Tandon S, Kumari R, Udupa S : The effect of etch-time on the bond strength of a sealant and on the etch-pattern in primary and permanent enamel: an evaluation. *ASDC J Dent Child*, 56:186-190, 1989.
- Redford DA, Clarkson BH, Jensen M : The effect of different etching times on the sealant bond strength, etch depth, and pattern in primary teeth. *Ped Dent*, 8:11-15, 1986.
- 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.
- Feldens EG, Feldense CA, de Araujo FB, Souza MA : Invasive technique of pit and fissure sealants in primary molars: A SEM study. *J Clin Pediatr Dent*, 18:187-190, 1994.
- Feigal RJ, Hitt J, Splieth C : Retaining sealant on salivary contaminated enamel. *J Am Dent Assoc*, 124:88-97, 1993.
- Hebling J, Feigal RJ : Use of one-bottle adhesive as an intermediate bonding layer to reduce sealant microleakage on saliva-contaminated enamel. *Am J Dent*, 13:187-191, 2000.
- Boksman L, McConnell RJ, Carson B, McCutcheonJones EF : A 2-year clinical evaluation of two pit and fissure sealants placed with and without the use of a bonding agent. *Quintessence Int*, 24:131-133, 1993.
- Powell PB, Johnston JD, Hembree JH, McKnight JP : Microleakage around a pit and fissure sealant. *ASDC J Dent Child*, 44:298-301, 1977.
- Dennison JB, Straffon LH, More FG : Evaluating tooth eruption on sealant efficacy. *J Am Dent Assoc*, 121:610-614, 1990.
- Gwinnett AJ : Human prismless enamel and its influence on sealant penetration. *Arch Oral Biol*, 18:441-444, 1973.
- Sano H, Shono T, Pashley DH, *et al.* : Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater*, 10:236-240, 1994.
- Pashley DH, Carvalho RM, Tay F, *et al.* : The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent*, 1:299-309, 1999.
- Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P : Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *J Conserv Dent*, 17:420-426, 2014.
- Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RH : Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater*, 20:669-676, 2004.
- Heintze SD : Clinical relevance of tests on bond strength,

- microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater*, 29:59-84, 2013.
23. Inoue S, Vargas MA, Van Meerbeek B, *et al.* : Microtensile bond strength of eleven comtemporary adhesives to enamel. *Am J Dent*, 16:329-334, 2003.
 24. Pashely DH, Carvalho RM, Tay F, *et al.* : The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent*, 1:299-309, 1999.
 25. Ramires-Romito AC, Reis A, Grande RH, *et al.* : Microtensile bond strength of sealant and adhesive systems applied to occlusal primary enamel. *Am J Dent*, 20:114-120, 2007.
 26. Gwinnett AJ, Garcia-Godoy F : Effect of etching time and acid concentration on resin shear bond strength to primary tooth enamel. *Am J Dent*, 5:237-239, 1992.
 27. Hosoya Y : The effect of acid etching times on ground primary enamel. *J Clin Pediatr Dent*, 15:188-194, 1991.
 28. Hitt JC, Feigal RJ : Use of a bonding agent to reduce sealant sensitivity to moisture contamination: an in vitro study. *Pediatr Dent*, 14:41-46, 1992.
 29. Asselin ME, Sitbon Y, Rompre PH, *et al.* : Bond strength of a sealant to permanent enamel: Evaluation of 3 application protocols. *Pediatr Dent*, 31:323-328, 2009.
 30. Sen Tunc E, Bayrak S, Tuloglu N, Ertas E : Evaluation of microtensile bond strength of different fissure sealants to bovine enamel. *Aust Dent J*, 57:79-84, 2012.
 31. Castro LC, Galvão AC : Comparison of three different preparation methods in the improvement of sealant retention. *J Clin Pediatr Dent*, 28:249-252, 2004.
 32. Lemos LV, Felizardo KR, Moura SK, *et al.* : Bond strength and morphology of resin materials applied to the occlusal surface of primary molars. *Int J Paediatr Dent*, 22:435-441, 2012.
 33. Swift EJ Jr, Perdigão J, Heymann HO : Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int*, 26:95-110, 1995.
 34. Tulunoğlu O, Bodur H, Uçtaşlı M, Alaçcam A : The effect of bonding agents on the microleakage and bond strength of sealant in primary teeth. *J Oral Rehabil*, 26:436-441, 1999.
 35. Ku JW, Lee JW, Ra JY : In vitro evaluation of microleakage and penetration of hydrophilic sealants applied on dry and moist enamel. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 44:272-279, 2017.
 36. An JS, Lee JH, Seo HW, Park HW : Shear Bond Strength and Microleakage of a New Self-etch Sealant Containing S-PRG filler. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:347-353, 2016.
 37. Faria-e-Silva AL, Silva JL, Menezes MS : Effect of acid etching time and technique on bond strength of an etch-and-rinse adhesive. *Acta Odontol Latinoam*, 24:75-80, 2011.
 38. Barkmeier WW, Erickson RL, Wilwerding TM, *et al.* : Effect of enamel etching time on roughness and bond strength. *Oper Dent*, 34:217-222, 2009.

국문초록

치면열구전색제의 산부식 시간과 접착제 유무에 따른 미세인장결합강도 평가

심서윤¹ 전공의 · 송호준² 교수 · 양선미¹ 전임의 · 김재환¹ 교수 · 김선미¹ 교수 · 최남기¹ 교수

전남대학교 치의학전문대학원¹소아치과학교실, ²치과재료학교실

본 연구의 목적은 산부식 시간과 접착제 적용에 따른 유구치 치면열구전색제의 미세인장 결합강도를 평가하여 비교하는 것이다.

40개의 발거된 건전한 하악 유구치를 선정하여 산부식을 시행하지 않은 군과 산부식을 각각 15, 30, 60초 시행한 군으로 분류하였다. 이를 다시 접착제를 적용하지 않은 군과 적용한 군으로 나누었다. 각 군의 치아에 치면열구 전색제를 도포하여 시편을 제작한 후 미세인장 결합강도를 측정하였다.

산부식을 시행한 15, 30, 60초에 따라 미세인장 결합강도는 유의한 차이가 없었다. 전색제를 적용하기 전에 접착제를 적용한 경우가 산부식만 시행한 경우보다 더 높은 결합강도를 보였으며($p < 0.05$), 산부식 시간에 따른 유의한 차이는 없었다.

결론적으로, 유구치의 교합면 법랑질에서 산부식 시간이 15초 이상이면 전색제의 미세인장 결합강도는 유의하게 증가하지 않았으며, 치면열구전색제 도포 전에 접착제를 적용하는 것은 결합강도를 증가시켰다.