

CPP-ACP 적용이 치면열구전색제의 결합강도에 미치는 영향

공은경* · 정상혁** · 마연주* · 안병덕* · 정영정*.*.*

*이화여자대학교 임상치의학대학원 임상치의학과 임상소아치과학
이화여자대학교 의학전문대학원 **예방의학교실, ***치과학교실

국문초록

최근 CPP-ACP의 초기 우식증의 재광화 및 예방 효과에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나, CPP-ACP 적용으로 인한 법랑질 산부식 저항성 증가가 치면열구전색제 접착에 미치는 영향에 대해서는 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 CPP-ACP의 치면 도포 여부와 치면열구전색제의 접착 방법의 차이가 법랑질과 치면열구전색제의 결합력에 미치는 영향에 대하여 미세전단결합강도 측정법으로 알아보고자 하였다.

건전한 제3대구치를 사용하여 150개의 시편을 제작하였으며, 다음과 같이 6군으로 나누었다.

I군: 인공타액에 2주 보관 후 35% 인산 산부식

II군: 인공타액에 2주 보관 후 35% 인산 산부식 + 접착제

III군: 인공타액에 2주 보관 후 자가 부식 접착제

IV군: CPP-ACP 2주 적용 후 35% 인산 산부식

V군: CPP-ACP 2주 적용 후 35% 인산 산부식 + 접착제

VI군: CPP-ACP 2주 적용 후 자가 부식 접착제

6군의 시편에 치면열구전색제 접착 후 미세전단결합강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

CPP-ACP 적용은 전통적인 산부식 방법으로 치면열구전색제를 접착하는 경우에는 결합강도와 산부식 양상에 영향을 미치지 않으나, 자가 부식 접착제를 사용한 경우에는 치면열구전색제의 결합강도를 약화시켰다.

주요어: CPP-ACP, 치면열구전색제, 미세전단결합강도

I. 서 론

과거에는 치아우식증이 발생하면 우식 치질을 제거하고 수복 재료로 충전하는 외과적인 침습적 치료가 주를 이루었다. 하지만, 현재는 초기 우식증인 백색 병소를 조기에 발견하여, 재광화시키는 최소 침습(minimal intervention)으로 치료의 개념이 변화하고 있다¹⁻²⁾. 재광화 제제로는 불소가 대표적이거나, 불소를 삼킬 위험성이 있는 영유아에서는 급성 위장 장애 또는 불소증의 가능성 때문에 적용에 제한이 있다. 또한, 법랑질의 다공성 정도에 따라 불완전한 재광화 효과를 보이며 표층만을 재광화시키는 단점이 있다³⁾.

Reynolds⁴⁾에 의해 우유 단백질 유도체인 caseinate의 치아우식증 예방효과가 보고된 이후, 불소를 대체할 수 있는 물질로

Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP)에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. CPP-ACP는 우유의 β -casein을 분해시킨 peptide인 CPP에 칼슘과 인산의 복합체인 ACP를 결합시킨 나노 화합물이다. ACP는 칼슘과 인으로 구성되며 단독으로 존재할 때는 불안정한 상태이지만, 칼슘과 인의 복합체 중 구강 내에서 가장 용해도가 높은 물질로 알려져 있다. CPP는 전기적 음전하를 띠는 다수의 phosphoserine 잔기를 지니, 양이온인 칼슘과 결합함으로써 ACP를 안정화시키는 역할을 한다⁵⁻⁷⁾. CPP-ACP 복합체는 구강 내 pH가 낮아지면 분해되어 치아 표면에 과포화 상태의 칼슘과 인을 제공함으로써 법랑질 초기 병소의 재광화를 촉진한다⁸⁻¹⁰⁾. 재광화된 법랑질은 칼슘과 인산 이온의 비율이 높은 수산화인회석으로 구성되므로 내산성이 높다¹¹⁾.

교신저자 : 정 영 정

서울특별시 양천구 목동 911-1 / 이화여자대학교 임상치의학대학원 임상치의학과 임상소아치과학 / 02-2650-2660 / tetraO@ewha.ac.kr

원고접수일: 2010년 08월 09일 / 원고최종수정일: 2010년 10월 18일 / 원고채택일: 2010년 10월 25일

치면열구전색제는 교합면의 소와 열구 내로 미생물이 침투되는 것과, 미생물의 산 생성에 이용될 수 있는 탄수화물이 공급되는 것을 방지함으로써 치아우식증 예방 효과를 나타낸다¹²⁾. 치면열구전색제의 접착 방법에는 전통적인 산부식 방법과 산부식 후 접착제 도포 방법¹³⁾, 그리고 자가 부식 접착 방법이 있다. 이 중 자가 부식 접착제는 산부식제와 전처리제 그리고 접착 레진이 하나의 용액으로 구성되어, 접착 과정을 단순화함으로써 치료 시간을 줄이고, 시술 민감도를 줄이는 장점이 있다. 그러나, 인산보다 pH가 높은 약산이 사용되므로 산부식 깊이가 감소되는 결과를 가져오기 때문에, 삭제되지 않은 법랑질에서는 효과적인 산부식 방법이 아니라는 단점이 있다¹⁴⁾.

CPP-ACP 사용으로 치아 표면에 칼슘과 인산 이온이 과포화 상태로 존재하는 고도로 광화된 법랑질이 형성된다면, 접착 방법에 따라 법랑질에 대한 치면열구전색제의 결합력 차이를 보일 수 있다. 그러나, 이에 대한 연구가 부족한 실정으로, 본 연구에서는 CPP-ACP 적용 여부가 법랑질과 치면열구전색제의 결합력에 미치는 영향에 대하여 미세전단결합강도 측정법으로 알아보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

법랑질 표면에 우식이나 균열, 파절, 마모, 수분물이 없는 발거된 지 3개월 미만의 건전한 제3대구치 40개를 1% Chloramine T 용액에 넣어 4°C에서 보관하고 실험에 사용하였다.

CPP-ACP 제제는 Tooth Mousse®(GC, Japan)를 사용하였으며, 시편 보관 용액으로는 인공타액 Taliva™(Hanlim Pharm., Korea)를 사용하였다. 치면열구전색제 부착을 위한 산부식제는 35% 인산 Scotchbond™ Etchant(3M ESPE, USA)를 사용하였으며, 접착제는 Adper™ Single Bond 2(3M ESPE, USA)를 사용하였다. 자가 부식 접착제로는 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M ESPE, Germany)를 사용하였으며, 치면열구전색제는 Clinpro™ Sealant(3M ESPE, USA)를 사용하였다. 광중합기는 할로겐 광중합기인 Curing Light 250®(3M ESPE, USA)을 사용하였고, 중합기의 광도는 400 mW/cm² 이었다.

2. 연구 방법

1) 시편 제작

발거된 지 3개월 미만의 건전한 제3대구치 40개의 치관 부분을 고속 핸드피스와 다이아몬드 버(TC-21, MANI, Japan)를 이용하여 백악법랑경계에서 분리한 뒤, 헹, 설면 법랑질 표면에서 가로 4 mm, 세로 4 mm, 두께 3 mm가 되도록 치관 1개당 4개의 절편을 제작하였다. 총 158개의 치아 절편 중 150개는 치면열구전색제의 미세전단결합강도 측정을 위해 사용되었고, 나머지 8개는 주사전자현미경을 이용한 법랑질의 산부식 양상을 관찰하는 데 사용되었다.

25 × 30 × 19 mm 직육면체 모양의 아크릴 블록 중앙에 지름 25 mm, 높이 8 mm의 원통을 형성하여 임시치관 제작용 레진(Milky blue, Nissan dental products, Japan)을 채운 후, 법랑질 표면이 노출되도록 치아 절편을 매몰하였다. 표준화된 법랑질 표면을 얻기 위하여 #600 grit Silicon Carbide paper를 사용하여 주수하에 연마기(Dap-V, Struers, Denmark)에서 500 ppm으로 10초간 연마하여 편평한 법랑질 표면을 얻었다.

2) 실험군의 분류

150개의 시편을 무작위로 25개씩 6개의 군으로 분류하여 증류수에 보관하였다. CPP-ACP를 도포하는 실험군과 도포하지 않는 대조군으로 분류한 후 이를 다시 치면열구전색제의 접착 방법에 따라 나누었다. 각 군의 분류는 다음과 같다(Table 1).

3) CPP-ACP 도포

CPP-ACP를 적용하는 IV, V, VI군은 하루 2회 12시간 간격으로 면봉을 사용하여 Tooth Mousse®를 60분 동안 적용하였다. 적용 후 air-water syringe로 수세하여 인공타액 Taliva™에 보관하였고, 인공타액은 Tooth Mousse®를 적용할 때마다 새로운 타액으로 교환하였다. 이와 같은 방법으로 2주간 Tooth Mousse®를 적용하였으며, Tooth Mousse®를 도포하는 시간 이외의 모든 과정 동안 시편을 37°C, 100% 습도의 배양기에 보관하였다. CPP-ACP를 적용하지 않는 I, II, III군은 인공타액에 침잠시켜 37°C, 100% 습도의 배양기에 2주간 보관하였다.

Table 1. Classification of study groups

Group	Sample size (N)		Pre-treatment	Bonding technique
Control group	I	25	Immersion in Taliva™ for 2 weeks	35% phosphoric acid
	II	25		35% phosphoric acid + Adper™ Single Bond 2
	III	25		Adper™ Prompt™ L-Pop™
	IV	25		35% phosphoric acid
Experimental group	V	25	Tooth Mousse® application for 2 weeks	35% phosphoric acid + Adper™ Single Bond 2
	VI	25		Adper™ Prompt™ L-Pop™

4) 치면열구전색제 부착

2주가 지난 후 시편을 증류수로 세척한 뒤 I, IV군은 제조사의 지시에 따라 15초 동안 산부식 후 15초간 수세하고 건조시켰다. 내경 0.79 mm, 높이 1 mm의 Tygon®(Saint-Gobain Performance Plastics, USA) tube를 범랑질 표면에 수직이 되도록 위치시킨 후, tube의 내면에 치면열구전색제를 채우고, 20초 동안 광중합하였다. II, V군은 15초 동안 산부식하고, 15초간 수세 및 건조 후 Adper™ Single Bond 2를 15초간 도포하고 5초간 건조 후 tube를 위치시키고 10초간 광중합하였다. 치면열구전색제를 tube 내면에 적용하고 20초 동안 광중합하였다. III, VI군은 Adper™ Prompt™ L-Pop™을 15초간 도포 후 건조시키고 tube를 위치시킨 후 10초간 광중합하였다. 치면열구전색제를 tube 내면에 적용 후 20초간 광중합하였다. 시편은 실온에서 1시간 보관한 후 tube를 제거하고, 37℃ 증류수에서 24시간 보관하였다.

5) 미세전단결합강도 측정

미세전단결합강도의 측정을 위하여 만능물성시험기 Instron® (Model 3345, Instron, USA)을 사용하였다. 시편을 jig에 고정된 후 0.012 inch stainless steel wire(Ormco, USA)를 루프 형태로 만들어 원기둥 형태의 치면열구전색제 기저부에 평행이 되도록 연결한 다음 cross-head speed 1 mm/min 속도로 하중을 가하였다. 치면열구전색제 원기둥이 치아에서 탈락하는 순간의 최대 하중(N)을 측정하였으며, 그 결과값을 원기둥 기저면적으로 나누어 미세전단결합강도를 MPa 단위로 환산하였다.

6) 주사전자현미경을 통한 범랑질 산부식 표면 관찰

CPP-ACP의 치면 도포가 범랑질 산부식 양상에 미치는 영향을 관찰하기 위해 미세전단결합강도의 측정에 사용되지 않은 8개의 시편을 사용하였다. CPP-ACP를 적용하지 않은 대조군에서 35% 인산으로 탈회시킨 I, II군과 자가 부식 접착제를 적용한 III군의 산부식 양상을 비교하였고, CPP-ACP를 적용한 실험군에서 35% 인산으로 탈회시킨 IV, V군과 자가 부식 접착제를 적용한 VI군의 산부식 양상을 비교하였다. 시편은 자가 부식 접착제의 탈회 효과를 관찰하기 위하여 아세톤으로 레진을 용해시켜 제거한 후 건조하였다. SEM stub에 고정시켜 gold-palladium 표면처리하였고, 주사전자현미경(SEM S-4700, Hitachi, Japan)에서 3,000배와 10,000배로 확대하여 범랑

질 표면을 관찰하였다.

7) 통계 처리

통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS for windows version 17.0(SPSS, USA)으로 분석하였다. 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 인 경우로 정의하여, 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 시행하였다. 치면열구전색제 접착 방법이 미세전단결합강도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 일원분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였고, 유의수준 5%에서 다중비교(multiple comparison)를 위한 Tukey test로 사후 검정을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 미세전단결합강도

각 실험군에서 측정된 미세전단결합강도의 평균값 및 표준편차는 다음과 같다(Table 2).

이원분산분석 결과, 치면열구전색제의 미세전단결합강도에 있어 CPP-ACP 적용과 치면열구전색제 접착 방법간의 상호작용은 통계적으로 유의하였으며($p < 0.05$), 이는 각각의 요인이 다른 요인에 따른 결합강도에 영향을 주었음을 의미한다.

1) 대조군의 미세전단결합강도

CPP-ACP 처리를 하지 않은 대조군의 경우, 산부식만 시행한 I군, 산부식 후 접착제 처리를 시행한 II군, 자가 부식 접착제 처리를 한 III군의 미세전단결합강도의 평균은 각각 23.53, 18.88, 24.64 MPa로 자가 부식 접착제를 처리한 III군의 평균 미세전단결합강도가 가장 높게 나타났다. I군과 III군, II군과 III군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었으나($p < 0.05$), I군과 III군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2) 실험군의 미세전단결합강도

CPP-ACP 처리를 한 실험군의 경우, 산부식만 시행한 IV군, 산부식 후 접착제 처리를 시행한 V군, 자가 부식 접착제 처리를 한 VI군의 미세전단결합강도의 평균은 각각 23.03, 16.35, 17.04 MPa로 산부식만 시행한 IV군의 평균 미세전단결합강도가 가장 높게 나타났다. IV군과 V군, IV군과 VI군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었으나($p < 0.05$), V군과 VI군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Micro-shear bond strength (MPa)

C	No CPP-ACP pre-treatment		Experimental group	CPP-ACP pre-treatment	
	N	Mean ± SD		N	Mean ± SD
I	25	23.53 ± 4.07 ^{Aa}	IV	25	23.03 ± 5.24 ^{Aa}
II	24	18.88 ± 5.14 ^{Bb}	V	24	16.35 ± 3.23 ^{Bb}
III	24	24.64 ± 3.11 ^{Ca}	VI	25	17.04 ± 5.91 ^{Db}

Identical capital letters in a same row indicate no statistically significant differences($p > 0.05$).

Identical superscript letters in a same column indicate no statistically significant differences($p > 0.05$).

3) CPP-ACP 적용 여부에 따른 미세전단결합강도

CPP-ACP를 적용하지 않은 대조군(I, II, III군)과 CPP-ACP 처리를 한 실험군(IV, V, VI군)을 비교했을 때, 자가 부식 접착제 처리를 한 경우(III, VI군)에만 통계적으로 유의한 미세전단결합강도의 감소를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 1).

2. 주사전자현미경 관찰

CPP-ACP의 치면 도포를 시행하지 않은 대조군의 경우, 35% 인산으로 산부식한 I, II군의 법랑질에서는 법랑소주 주변

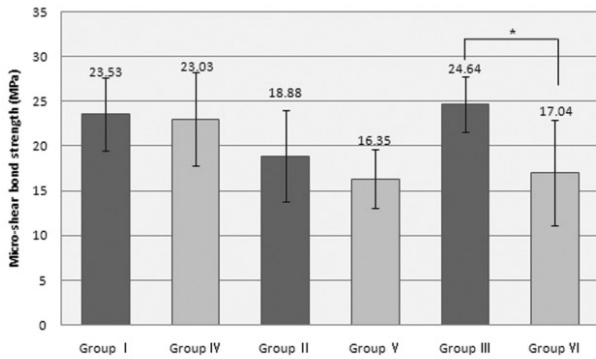


Fig. 1. Comparison of micro-shear bond strengths between the control groups (I, II, III) and the experimental groups (IV, V, VI).
*: Showing statistically significant difference ($p < 0.05$).

부의 탈회가 뚜렷한 Type 2 형태의 전반적으로 분화구 형태가 깊게 파인 미세 요철의 형성과 거친 표면이 관찰되었고(Fig. 2 a, b), 자가 부식 접착제 처리를 한 III군의 법랑질 표면에서는 법랑소주 중심부의 탈회가 뚜렷한 Type 1 형태의 미세요철이 상대적으로 얇게 형성된 산부식 양상이 관찰되었다(Fig. 2 c, d).

CPP-ACP를 2주간 도포한 실험군의 경우, 35% 인산으로 산부식한 IV, V군의 법랑질 표면에서는 I, II군과 유사하게 거친 표면이 관찰되었고(Fig. 3 a, b), 자가 부식 접착제 처리를 한 VI군의 법랑질 표면은 Type 2 형태의 규칙적인 산부식 양상을 보였으나 가장 얇은 산부식 깊이를 보였다(Fig. 3 c, d).

IV. 고찰

CPP-ACP는 1995년 개발된 이후 껌, 구강 양치액, 연고, 치약, 스포츠 음료 등 다양한 제품에 첨가되어 시판되고 있다. 국내에서는 연고 형태의 Tooth Mousse[®]라는 상품명으로 판매되고 있으며, 교정치료 전후 초기 우식 병소 예방과 치료, 유아기 우식증 예방과 더불어 스케일링으로 인한 시린 증상의 완화, 미백효과 증대의 목적으로 사용 가능하다. 진료실에서 사용할 경우에는 치면 세마 후 러버컵에 덜어 문지르면서 도포할 수 있으며, 필요에 따라 불소도포와 함께 시행할 수도 있다. 자가 도포할 경우에는 면봉이나 치간 칫솔 또는 손가락을 이용하여 아침, 저녁 하루 2회 도포하며, 최소 3분간 유지하고, 도포 후 30분간 음식물 섭취 및 구강 세정 금지를 추천하고 있다¹⁵⁾.

CPP-ACP를 적용한 실험군에서, 35% 인산으로 산부식한

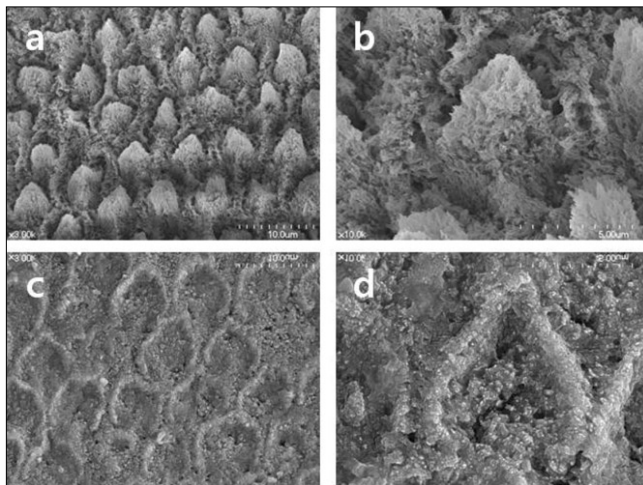


Fig. 2. SEM images of the control groups. (a) Group I, II: Etched by 35% phosphoric acid for 15 seconds. Enamel prism was easily identified ($\times 3,000$). (b) Group I, II: Type 2 pattern was observed. The periphery of enamel prism was dissolved and the core of enamel prism was intact ($\times 10,000$). (c) Group III: Conditioned by Adper[™] Prompt[™] L-Pop[™] for 15 seconds. The depth of the etched surface was more shallow than that of group I, II ($\times 3,000$). (d) Group III: Type 1 pattern was observed. The prism core was preferentially removed leaving the prism periphery relatively unaffected ($\times 10,000$).

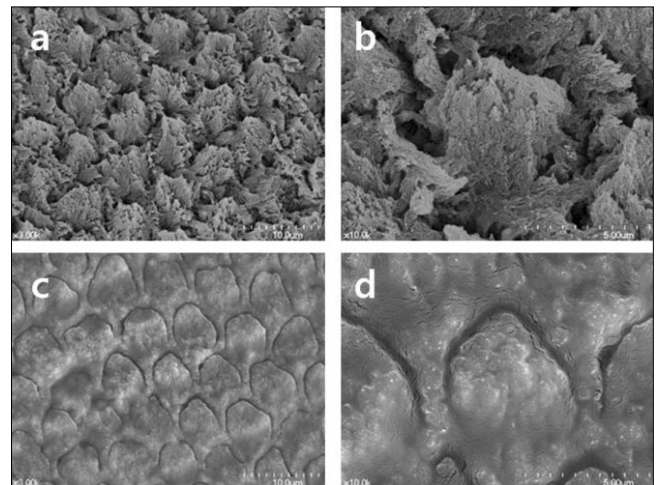


Fig. 3. SEM images of the experimental groups. (a) Group IV, V: Etched by 35% phosphoric acid for 15 seconds. Enamel prism was easily identified ($\times 3,000$). (b) Group IV, V: Type 2 pattern was observed. The etching pattern was similar to group I ($\times 10,000$). (c) Group VI: Conditioned by Adper[™] Prompt[™] L-Pop[™] for 15 seconds. The most shallow and regular etching pattern was observed ($\times 3,000$). (d) Group VI: Type 2 pattern was observed ($\times 10,000$).

IV군(23.03 MPa)이 산부식 후 접착제를 적용한 V군(16.35 MPa)과 자가 부식 접착제 적용 후 치면열구전색제를 접착한 VI군(17.04 MPa)보다 통계적으로 유의하게 높은 미세전단결합강도를 보였고, 실험군과 대조군의 결과를 비교해보면, 자가 부식 접착제를 적용한 군에서만 CPP-ACP를 적용하지 않았을 때(III군)에 비해 CPP-ACP를 적용한 후(VI군) 통계적으로 유의하게 미세전단결합강도가 감소하였다. CPP-ACP 적용 후 자가 부식 접착제를 사용한 군의 결합강도가 감소하는 양상은 Moule 등¹⁶⁾과 Adebayo 등¹⁷⁾의 연구 결과와 일치한다. CPP-ACP 적용은 앞에서 언급한 것과 같이 법랑질의 산부식 저항성을 강화시키므로¹¹⁾, 37% 인산(pH 0.03)보다 산도가 낮은 자가 부식 접착제는 효과적으로 법랑질 표면을 탈회시킬 수 없어 낮은 결합강도를 보이게 된다. 또한 법랑질 표면에 잔류된 CPP-ACP 화합물의 칼슘과 인은 인산의 강한 산부식 효과로 제거되나, 자가 부식 접착제의 낮은 산도에 의해서는 제거되기 힘들어 역시 법랑질과의 접착에 방해 요인으로 작용했을 수 있다. 따라서, 임상에서 CPP-ACP 적용 후 치면열구전색제 접착을 위해 자가 부식 접착제를 사용해야만 하는 경우, 약한 산부식 작용이 있는 conditioner를 먼저 도포하는 것이 산부식 효과를 증가시켜 결합강도를 높이는 데 도움이 된다는 Adebayo 등¹⁷⁾의 연구 결과도 고려해 볼 만하다.

불소에 노출된 법랑질에서 자가 부식 접착제의 미세전단결합강도에 대한 Weerasinghe 등¹⁸⁾의 연구에서 중등도와 심도의 반상치의 경우, 인산 산부식에 비해 자가 부식 접착제를 사용했을 때 결합강도가 통계적으로 유의하게 낮았으며, 주사전자현미경 상의 관찰에서 인산 산부식한 경우 3.5 μm , 자가 부식 접착제 처리를 한 경우에는 1 μm 의 레진 tag 깊이를 보고했다. 본 연구를 바탕으로 초기 우식 병소가 있는 법랑질에서 CPP-ACP를 적용하거나 CPP-ACP의 적용 기간을 달리 하였을 때, 산부식 깊이와 레진 tag 깊이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

CPP-ACP를 적용하지 않은 대조군에서, 35% 인산으로 산부식한 I군(23.53 MPa)과 자가 부식 접착제 AdperTM PromptTM L-PopTM을 사용한 III군(24.64 MPa)의 미세전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 산부식 후 접착제인 AdperTM Single Bond 2를 사용한 II군(18.88 MPa)은 I, III군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 미세전단결합강도를 보였다.

본 연구의 CPP-ACP를 적용하지 않은 대조군에서 35% 인산으로 산부식한 I군과 자가 부식 접착제 AdperTM PromptTM L-PopTM을 사용한 III군의 미세전단결합강도에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않는 결과가 Feigal과 Quelhas¹⁹⁾, Perdigao 등²⁰⁾의 연구 결과와 일치하나 Venker 등²¹⁾, Asselin 등²²⁾과는 상반된 연구 결과를 보이는 이유를 살펴보면, 법랑질 표면의 연마 여부와 관련이 있는 것으로 생각된다. 연마한 법랑질에서 자가 부식 접착제를 사용한 경우, 레진-법랑질 결합강도가 증가한다는 보고가 많이 있으며²³⁻²⁵⁾, 이는 최외층의 무정형 법랑질을 연마함으로써 접착제의 침투가 증가되기 때문으로 생

각된다. 다른 이유로는 결합강도 측정 방법의 차이가 있다. 전통적인 전단결합강도 측정법은 접착제나 실험 과정에서 발생하는 미세한 차이를 분별하는 민감도가 부족하다고 보고된 바 있다²⁶⁾. 미세인장결합강도 측정법으로 얻어진 법랑질 결합강도는 일반적으로 전단결합강도나 인장결합강도로 측정된 값보다 낮다²⁴⁾. 따라서, 이러한 차이를 고려하여 각 연구의 결과를 해석해야 한다.

산부식 후 접착제 사용시 법랑질에 대한 결합강도가 감소하는 것은 Moule 등¹⁶⁾, Adebayo 등¹⁷⁾, Hadavi 등²⁷⁾의 연구에서도 보고되었는데, Woronko 등²⁸⁾은 산부식된 법랑질에 대한 상아질 접착제의 효과는 접착제의 재료적 특성에 따라 결정됨을 보고한 바 있다. 유한요소분석을 이용하여 전단결합강도와 미세전단결합강도 측정법을 비교한 연구에서²⁹⁾, 상대적으로 두꺼운 접착제 층이 낮은 미세전단결합강도를 나타냄을 알 수 있다. 본 연구에서 사용된 AdperTM Single Bond 2는 10%, 5 nm colloidal 필러를 포함하고 있으며, 보다 낮은 필러 함량을 지닌 접착제를 사용하였다면 다른 결과를 보일 수 있으므로 다양한 접착제간의 차이를 비교하는 연구가 필요하다.

Holzmeier 등³⁰⁾은 주사전자현미경을 통해 산부식한 법랑질의 표면을 관찰한 결과 37% 인산을 사용하는 전통적인 산부식 방법과 약산을 사용하는 자가 부식 접착 방법에서 탈회 형태는 비슷한 양상을 보이지만, 자가 부식 접착 방법은 탈회 정도가 깊지 않고 다소 약한 부식 양상을 보인다고 했다. 이는 본 연구에서 CPP-ACP를 적용하지 않은 대조군의 산부식 양상과도 일치하는 결과이다.

CPP-ACP를 2주간 도포한 실험군의 산부식 양상을 비교해보면, 자가 부식 접착제를 사용한 II군에서 균일하기는 하나 매우 약한 부식 양상을 보였다. Adebayo 등³¹⁾의 연구에서도 유사한 결과를 보였는데, CPP-ACP를 도포한 치아 표면은 다소 거칠어진 양상을 보였으며, 37% 인산으로 산부식한 경우에는는 뚜렷한 부식 양상이 관찰된 반면, 자가 부식 접착제를 적용한 경우에는 특이할 만한 부식 양상이 관찰되지 않았다.

Xiaojun 등³²⁾은 CPP-ACP의 치면 도포 후 37% 인산을 이용하여 산부식한 법랑질 표면을 주사전자현미경으로 평가하였는데, 대조군과 유사한 거친 표면이 관찰되었다고 보고하였으며, 이는 본 연구에서 I, II군과 IV, V군의 법랑질 산부식 양상이 큰 차이를 보이지 않는 것과 일치한다.

본 연구 결과는 실험실 상의 조건에서 이루어진 것으로, 실제 구강 내에는 타액이 흐르고 있으며, 탄수화물이 공급되면 세균이 유기산을 배출함으로써 산성 상태가 형성되어 CPP-ACP에 의한 재광화가 촉진될 수 있다. 반대로, 타액에 의해 구강 내에 적용된 CPP-ACP가 희석되어, CPP-ACP의 작용이 60분간 지속되지 못할 수 있다. 따라서, CPP-ACP가 치면열구전색제의 장기간 유지 및 성공물에 미치는 영향에 대하여 *in vivo* 연구가 필요하다. 또한, 시편 제작 과정에서 치아 절편 형성 시 발생할 수 있는 법랑질 균열은 연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 법랑질 결합을 미리 평가해야 한다.

본 실험에 사용한 시편은 연마기에서 #600 grit SiC paper

로 500 ppm에서 10초간 연마하여 편평한 법랑질 표면을 형성하였다. 이는 발치 당시 제3대구치의 매복 여부와 개개의 구강환경에 따라 최외층 법랑질의 불화인회석의 정도가 다를 수 있기 때문에 연마를 통하여 이 층을 제거함으로써 CPP-ACP 적용 효과가 균일하게 나타나도록 하기 위함이었다. 그러나, 치아 삭제 없이 치면열구전색술을 시행하는 경우도 있으므로 연마하지 않은 법랑질 표면에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

법랑질 표면에 하루 2회, 1시간씩 2주간 CPP-ACP를 적용하는 것은 자가 부식 접착제를 사용할 경우에는 통계적으로 유의하게 접착강도를 감소시켰다. 따라서, CPP-ACP를 사용 중인 어린이에서 치면열구전색술을 시행하는 경우, 산부식 후 접착제를 사용하거나, 자가 부식 접착제를 사용하는 것보다는 통상적인 산부식 술식이 추천된다.

V. 결 론

CPP-ACP 적용 여부 및 접착방법이 치면열구전색제의 결합에 미치는 영향에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군에서 I, II, III군의 평균 미세전단결합강도(μ SBS)는 각각 23.53, 18.88, 24.64 MPa로, I군과 II군, II군과 III군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p < 0.05$).
2. 실험군에서 IV, V, VI군의 평균 μ SBS는 각각 23.03, 16.35, 17.04 MPa로, IV군과 V군, IV군과 VI군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p < 0.05$).
3. 실험군과 대조군을 비교하였을 때, 자가 부식 접착제 처리를 경우에만 CPP-ACP를 적용한 군(VI)과 적용하지 않은 군(III)간에 μ SBS가 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
4. 주사전자현미경 관찰 결과, I, II, IV, V군은 CPP-ACP 적용 여부에 관계 없이 뚜렷한 산부식 양상을 보였으나, III, VI군은 상대적으로 얇은 깊이의 산부식 양상을 보였으며, 특히 CPP-ACP를 적용한 VI군에서 가장 미약한 산부식 양상을 나타내었다.

참고문헌

1. Featherstone JD: The continuum of dental caries-evidence for a dynamic disease process. *J Dent Res*, 83 Spec No C:C39-42, 2004.
2. Pitts NB: Modern concepts of caries measurement. *J Dent Res*, 83 Spec No C:C43-47, 2004.
3. 강지선, 이난영, 이상호: 법랑질 인공우식병소에서 APF gel과 CPP-ACP 제제의 재광화 효과. *대한소아치과학회지*, 35:684-691, 2008.
4. Reynolds EC, del Rio A: Effect of casein and whey-protein solutions on caries experience and feeding

- patterns of the rat. *Arch Oral Biol*, 29:927-933, 1984.
5. Cross KJ, Huq NL, Reynolds EC: Casein phosphopeptides in oral health-chemistry and clinical applications. *Curr Pharm Des*, 13:793-800, 2007.
6. Reynolds EC: Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. *Spec Care Dentist*, 18:8-16, 1998.
7. Cross KJ, Huq NL, Palamara JE, et al.: Physicochemical characterization of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate nanocomplexes. *J Biol Chem*, 280:15362-15369, 2005.
8. 최한주, 최영철, 김광철, 최성철: 탈회된 법랑질에서 CPP-ACP의 재광화 깊이. *대한소아치과학회지*, 35:278-286, 2008.
9. Reynolds EC, Cain CJ, Webber FL, et al.: Anticariogenicity of calcium phosphate complexes of tryptic casein phosphopeptides in the rat. *J Dent Res*, 74:1272-1279, 1995.
10. Shen P, Cai F, Nowicki A, et al.: Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *J Dent Res*, 80:2066-2070, 2001.
11. Iijima Y, Cai F, Shen P, et al.: Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Caries Res*, 38:551-556, 2004.
12. Ahovuo-Saloranta A, Hiiri A, Nordblad A, et al.: Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, CD001830, 2008.
13. 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.
14. Feigal RJ: Self-etch adhesives for sealants? *J Esthet Restor Dent*, 19:69-70, 2007.
15. 김백일: CPP-ACP의 소개 및 임상적 활용. *대한치과의사협회지*, 46:130-145, 2008.
16. Moule CA, Angelis F, Kim GH, et al.: Resin bonding using an all-etch or self-etch adhesive to enamel after carbamide peroxide and/or CPP-ACP treatment. *Aust Dent J*, 52:133-137, 2007.
17. Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ: Effects of conditioners on microshear bond strength to enamel after carbamide peroxide bleaching and/or casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate

- (CPP-ACP) treatment. *J Dent*, 35:862-870, 2007.
18. Weerasinghe DS, Nikaido T, Wettasinghe KA, et al.: Micro-shear bond strength and morphological analysis of a self-etching primer adhesive system to fluorosed enamel. *J Dent*, 33:419-426, 2005.
 19. Feigal RJ, Quelhas I: Clinical trial of a self-etching adhesive for sealant application: success at 24 months with Prompt L-Pop. *Am J Dent*, 16:249-251, 2003.
 20. Perdigao J, Fundingsland JW, Duarte S, Jr., Lopes M: Microtensile adhesion of sealants to intact enamel. *Int J Paediatr Dent*, 15:342-348, 2005.
 21. Venker DJ, Kuthy RA, Qian F, Kanellis MJ: Twelve-month sealant retention in a school-based program using a self-etching primer/adhesive. *J Public Health Dent*, 64:191-197, 2004.
 22. Asselin ME, Sitbon Y, Fortin D, et al.: Bond strength of a sealant to permanent enamel: evaluation of 3 application protocols. *Pediatr Dent*, 31:323-328, 2009.
 23. Tay FR, Pashley DH, King NM, et al.: Aggressiveness of self-etch adhesives on unground enamel. *Oper Dent*, 29:309-316, 2004.
 24. Perdigao J, Geraldini S: Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent*, 15:32-42, 2003.
 25. Kanemura N, Sano H, Tagami J: Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*, 27:523-530, 1999.
 26. Cavalcante LM, Erhardt MC, Bedran-de-Castro AK, et al.: Influence of different tests used to measure the bond strength to dentin of two adhesive systems. *Am J Dent*, 19:37-40, 2006.
 27. Hadavi F, Hey JH, Ambrose ER, et al.: The effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel. *Oper Dent*, 18:61-65, 1993.
 28. Woronko GA, Jr., St Germain HA, Jr., Meiers JC: Effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel. *Oper Dent*, 21:116-121, 1996.
 29. Placido E, Meira JB, Lima RG, et al.: Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater*, 23:1086-1092, 2007.
 30. Holzmeier M, Schaubmayr M, Dasch W, Hirschfelder U: A new generation of self-etching adhesives: comparison with traditional acid etch technique. *J Orofac Orthop*, 69:78-93, 2008.
 31. Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ: An SEM evaluation of conditioned and bonded enamel following carbamide peroxide bleaching and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) treatment. *J Dent*, 37:297-306, 2009.
 32. Xiaojun D, Jing L, Xuehua G, et al.: Effects of CPP-ACP paste on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod*, 79:945-950, 2009.

Abstract

THE EFFECT OF CPP-ACP PRE-TREATMENT ON BOND STRENGTH OF A SEALANT

Eun-Kyung Kong*, Sang-Hyuk Jung**, Yon-Joo Mah*, Byung-Duk Ahn*, Young-Jung Jung*,***

**Department of Pediatric Dentistry, The Graduate School of Clinical Dentistry,*

***Department of Preventive Medicine, ***Department of Dentistry, School of medicine, Ewha Womans University*

Recently the effect of CPP-ACP on early caries remineralization and prevention has been extensively researched. However, there has been a lack of research on micro-shear bond strength of a sealant applied on a CPP-ACP treated surface. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of CPP-ACP on the micro-shear bond strength of a sealant bonded with 3 different bonding systems.

From the sound human 3rd molars, the 150 specimens were prepared and randomly assigned to six groups.

Group I: Immersion in artificial saliva for 2 weeks + 35% phosphoric acid

Group II: Immersion in artificial saliva for 2 weeks + 35% phosphoric acid + dentin bonding agent

Group III: Immersion in artificial saliva for 2 weeks + self-etching adhesive

Group IV: CPP-ACP application for 2 weeks + 35% phosphoric acid

Group V: CPP-ACP application for 2 weeks + 35% phosphoric acid + dentin bonding agent

Group VI: CPP-ACP application for 2 weeks + self-etching adhesive

Sealant was applied and the micro-shear bond strength was measured.

From the result of this study, it can be assumed that the CPP-ACP pretreatment can weaken the bond strength of a sealant if the enamel surface is conditioned with self-etch adhesive.

Key words : CPP-ACP, Sealant, Micro-shear bond strength