

인산농도에 따른 치질의 미세누출 효과

조선대학교 치과대학 보존학교실

김병태 · 조영곤 · 문주훈

Abstract

EFFECT OF CONCENTRATION OF PHOSPHORIC ACID ON MICROLEAKAGE TO TOOTH STRUCTURE

Byung-Tae Kim, D.D.S., Young-Gon Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Joo-Hoon Moon, D.D.S., M.S.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the microleakage of composite resin when various phosphoric acid agents were used to etch the enamel and dentin. In this study, class V cavities were prepared on the buccal surfaces of fourty extracted human molar teeth, and they were randomly assigned into 4 groups with 10 teeth.

The cavities of each groups were etched with 10%, 32%, 35% and 37% phosphoric acids for 15 seconds, washed and dried and the cavities were restored with composite resin after application of the adhesive. The specimens were immersed in 2% methylene blue solution for 3 days. And then, the specimens were sectioned buccoligually. Degree of dye penetration at tooth-restoration interfaces was examined by Inverted Metallurgical Microscope at the occlusal and gingival margins.

The result were as follows :

1. The degree of microleakage at occlusal and gingival margin in all group was statistically difference among 10% and 35% ($P < 0.01$), 10% and 37% ($P < 0.01$), 32% and 35% ($P < 0.05$) and 32% and 37% ($P < 0.05$) acid concentrations, but was not statistically difference between 10% and 32%, 35% and 37% acid concentrations ($P > 0.05$). The degree of microleakage was showed to diminish with increase of acid concentration.
2. The degree of microleakage at the occlusal margin was statistically significant difference among 10% and 32%, 10% and 35%, 10% and 37% acid concentrations ($P < 0.05$). The

degree of microleakage among 32% and 35%, 32% and 37% and 32% and 37% acid concentrations was not statistically significant difference.

3. In comparison of microleakage at the gingival margin, the degree of microleakage above 32% acid concentration was not showed less than 10% acid concentration ($P>0.05$).

In comparison of 32%, 35%, 37% acid concentrations, the degree of microleakage at 35% and 37% acid concentrations was showed less than 32% acid concentration ($P<0.05$).

I. 서 론

충전재의 와동벽에 대한 접착은 수복시 중요한 요소로서 이는 충전재가 와동벽에 긴밀하게 밀착하여 와동을 완전히 폐쇄시키므로써 치아 경조직 결손부위의 수복을 성공적으로 행할 수 있도록 한다. 그러나 대부분의 충전재는 충전 후 구강내 온도변화에 따른 치질과 충전재간의 열팽창계수 차이로 인해 시간이 경과함에 따라 충전재와 치질사이에 미세한 누출이 나타난다. 이러한 누출은 구강액, 음식물 잔사 및 구강내 세균의 침입을 가능하도록 하여 수복된 치아에 우식증과 지각과민증 및 치아변색을 일으키고, 마침내는 충전물의 파절과 탈락 및 치수염을 일으키게 된다^{10,30}.

이상과 같이 충전재와 치질사이의 변연누출은 임상에서 심각한 문제를 야기시키므로 이러한 누출을 최소로 감소시키기 위한 충전재의 개발과 그밖의 기술이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 충전재의 변연누출을 평가하기 위해서는 많은 방법이 이용되어 왔으나^{18, 19, 36, 42} 그중 색소를 이용하여 충전재와 치질간에 색소가 침투된 정도를 가지고 변연누출의 정도를 평가하는 방법이 가장 널리 쓰여지고 있다.

복합레진은 전치부에서는 물론 구치부의 심미적 수복을 위한 충전재로서 임상에 널리 사용되고 있다. 그러나 복합레진은 Buonocore⁹가 소개한 산부식법을 이용하여 법랑질과 우수한 접착을 이룰 수 있으나 상아질과의 약한 접착 때문에 상아질 변연부에서의 미세누출이 지적되고 있다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여 법랑질에서와 같이 상아질을 산으로 처리함으로써 상아질에 대한 복합레진의 접착

력을 증대시키려는 시도가 이루어지고 있다.

상아질은 법랑질과 달리 75%의 수산화 인회석과 2%의 유기질 그리고 5%의 물로 구성되어 있고⁴⁴, 치수의 조상아세포 돌기가 상아세관을 통해 연장되며. 각각의 상아세관은 간세포액으로 채워져 있는 복잡한 형태를 이루고 있으므로 산부식에 의한 상아질과 레진의 접착은 법랑질에서 얻을 수 있는 정도의 기계적 결합을 얻기가 어려워⁵ 법랑질에 비해 만족할 만한 수준에 이르지 못하고 있다^{12, 47, 48}.

상아질에 대한 산부식에 대해 Gwinnett^{21, 22}, Erickson¹⁵, Stanley⁴³ 등은 상아질의 산부식은 치수의 손상을 초래한다고 하였고, Berry와 Osborne²은 상아질 표면을 인산으로 부식하는 것은 금기라고 주장한 반면에, Jennings 와 Ranley²³는 상아질을 1분동안 산부식시킨 경우 치수반응이 거의 발생되지 않았다고 보고하였으며, Fusayama^{16, 17}도 산 용액을 짧은 시간동안 도포한 경우 치수에 자극을 주지않는다고 하였고, Johnson²⁴ 등은 인산이 상아질을 통과하여 치수에 손상을 줄 수 없다고 보고하여 상아질의 산부식에 대한 서로 상반된 연구결과를 발표하였다.

도말층은 1970년에 Eick등¹⁴이 주사전자현미경상에서 최초로 관찰하였으며, 이는 상아세관의 입구를 폐쇄하고 거칠고 오염된 상을 보이며 법랑질과 상아질 절삭입자, 혈액, 타액 및 세균 등을 함유하고 있다^{5, 34}. 도말층이 수복물과 치수상아 복합체 사이에서 자연적으로 밀봉역할을 하여 보호적 성격을 가지므로 복합레진과 결합시 바람직한 기질로 작용한다는 보고가 있는^{12, 15, 33, 43, 49} 반면, 외형적으로 낮은 표면에너지를 가지고 있어 조성이나 구조적인

면에서 건전 상아질과는 다르므로 오염물질이 된다고 보고되고 있어^{3,6,16,20} 상아질의 도말층을 제거하여야 하는지의 여부가 논란의 대상이 되어왔다.

따라서 본 연구에서는 서로 다른 인산농도로 와동을 산부식할 경우 인산농도에 따른 치질과 수복물간의 미세누출에 미치는 영향을 평가하기 위하여 상, 하악 대구치 40개에 5급 와동을 형성하여 와동에 각각 10%, 32%, 35%, 37% 농도의 인산으로 산부식 처리한 후 ONE-STEP™ 접착제를 바르고 AELITEFIL 복합레진으로 충전한 후, 2% methylene blue dye를 이용한 색소침투법으로 교합면측과 치은측에서의 미세누출을 측정, 비교한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치경부에 치아우식증, 마모증 및 미세균열이 없는 최근에 발거된 상, 하악 대구치 40개를 실험치아로 사용하였다. 산부식제로는 10%, 32%, 35%, 37% 농도의 인산 (BISCO Dental Products, U.S.A.)을 사용하였고, 상아질 접착제와 복합레진은 각각 ONE-STEP™과 AELITEFIL (BISCO Dental Products, U.S.A.)을 사용하였으며, 미세누출을 관찰하기 위해 Inverted Metallurgical Microscope (OLYMPUS BHM 3133U, Japan)을 이용하였다.

2. 실험방법

상, 하악 대구치 40개를 수집하여 증류수에 보관한 후, 실험직전에 치아표면에 부착된 치태, 치석, 치은조직 등의 이물질을 큐렛으로 깨끗이 제거하여 실험치아로 사용하였다.

각 대구치의 협면에 고속의 No. 701 bur를 이용하여 5급와동을 형성하였으며, 교합면연은 법랑질에, 치은면연은 백악법랑경계부 하방의 상아질이나 백악질에 위치시켰다. 각 와동의 교합-치은 길이는 2.5mm, 근원심 폭경은 3.0mm, 측벽의 깊이는 각각 교합면 측에서 1.5mm, 치은측에서 1.0mm, 와연우각은 직각이

되도록 형성하였다.

와동의 형성이 완료된 대구치는 와동에 4가지의 인산농도를 적용하기 위하여 각각 10개의 치아를 무작위로 선택하여 4개의 군으로 분류하였으며, 각 와동은 산부식 처리하기 전에 압축된 air water spray로 30초간 세척, 건조시켰다.

실험 1군은 10%의 인산을 와동에 15초간 도포하여 산부식 처리하고, 압축된 air water spray를 이용하여 철저히 와동을 세척한 후 압축공기를 짧게 불어 과잉의 물을 제거하였다. 이때 와동의 표면에 수분이 남아 있는가를 눈으로 확인하였다. ONE-STEP™ 접착제를 혼합용기에 2방울 분배하고 공급된 솔에 접착제를 충분히 적셔 연속적으로 와동에 2회 도포하였다. 과잉의 용매와 물을 제거하기 위하여 와동에서 1.5cm 떨어진 거리에서 압축공기로 접착제를 10초간 철저히 건조시켰다. 이때 만약 와동의 표면에 윤기가 없으면 다시 부가적으로 접착제를 도포한 후 건조시켰다. 그 후 Visilux 2 (3M Dental Products Division, U.S.A.) 광조사기로 10초간 접착제를 광조사시킨 다음 솔에 남아 있는 접착제를 다시 와동에 도포하고 압축공기로 짧게 건조시켰다. 성형기구를 이용하여 와동에 AELITEFIL (Lot No. 019195, A 2 shade) 복합레진을 적층으로 충전하고 40초간 광조사한 후 air water spray가 공급되는 고속의 finishing bur로 치아의 외형과 와연을 마무리하고 다시 Sof-Lex disc (3M Dental Products Division, U.S.A.)로 최종 마무리와 연마를 하였다.

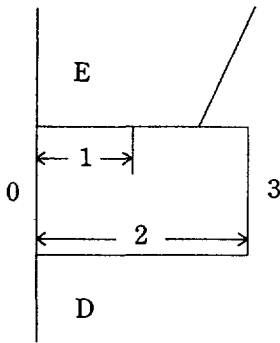
실험 2군, 실험 3군과 실험 4군은 각각 32%, 35%, 37% 인산을 와동에 적용하였고, 나머지의 수복과정은 실험 1군과 동일한 방법을 이용하여 ONE-STEP™접착제를 도포하고 복합레진을 충전하여 최종연마 하였다.

각 군의 치아는 증류수를 담은 플라스틱 용기에 넣어 37°C의 배양기에 7일 동안 보관하였다. 근접으로의 색소침투를 방지하기 위해 각 치아는 저속의 No. 1 이나 No. 2 round bur로 근접에 작은 와동을 형성하고 Copalite를 2회 도포한 다음 아말감을 충전하였다.

각 치아의 수복물과 인접치질 1mm를 제외한 전 치면에 nail varnish를 2회 도포하여 경화후 24시간동안 증류수에 보관하였다. 치아는 2% methylene blue dye에 72시간 침잠시킨 후 흐르는 물에 세척하였다. 각 치아는 고속의 가는 diamond bur를 이용하여 치아의 협설방향으로 레진 수복물의 중앙이 통과되도록 절단하여 2개의 절편으로 분리한 후 절단표면을 Sof-Lex disc를 이용하여 평활하게 연마하였다.

치아와 복합레진간의 계면을 따라 침투된 색소의 침투정도는 그림 1과 표 1의 기준에 의거하여 금속현미경 (Inverted Metallurgical Microscope)하에서 측정하여 색소침투정도를 점수화하였다. 각 치아의 미세누출정도는 절단된 치아의 양측 절단면의 교합면측과 치은측 모두에서 측정하였고, 2개의 절편에서 얻은 미세누출 수치는 평균치를 내어 RIDIT analysis로 비교하였다.

그림 1. 색소의 침투정도에 따른 미세누출점수



E : 법랑질 D : 상아질

표 1. 색소의 침투정도에 따른 미세누출점수

0	미세누출이 없다.
1	교합면측과 치은측벽 길이의 절반 또는 그이하의 미세누출
2	교합면측과 치은측벽 길이의 절반에서 측벽까지의 미세누출
3	측벽을 따라 침투된 미세누출

III. 실험성적

1. 전체적으로 농도가 증가함에 따라 Gamma value가 -0.317의 반비례로서 0이나 1의 숫수가 증가되는 경향을 보였다 ($P < 0.05$, Gamma value : -0.317, 표 2). 또한 10%와 35% ($P < 0.01$, Gamma value : -0.515), 10%와 37% ($P < 0.01$, Gamma value : -0.476), 32%와 35% ($P < 0.05$, Gamma value : -0.418), 32%와 37% ($P < 0.05$, Gamma value : -0.370)의 인산농도간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 10%와 32%사이 그리고 35%와 37%사이에서는 통계학적인 유의성이 없었다 (표 3).
2. 교합변연부에서의 농도별 누출정도 비교시, 각 인산농도에서의 미세누출 정도에 통계적 유의성이 있었고, -0.587의 Gamma value로서 뚜렷한 역비례상관을 보였으며 농도가 증가함에 따라 미세누출이 줄어드는 경향을 보이며 (표 4), 10%와 32%, 10%와 35%, 10%와 37%의 인산농도에 따른 누출정도

표 2. 농도별 누출의 정도 비교(교합변연부와 치은변연부)
($P < 0.05$, Gamma value : -0.317 by RIDIT analysis)

	10%	32%	35%	37%
0	8	11	21	20
1	9	10	9	6
2	5	2	1	7
3	18	17	9	7

표 3. 농도별 누출의 정도 비교(교합변연부와 치은변연부)
(by RIDIT analysis)

비교 대상	P value	Gamma value
10% 와 32%	0.507	-0.118
10% 와 35%	0.002	-0.515
10% 와 37%	0.003	-0.476
32% 와 35%	0.016	-0.418
32% 와 37%	0.026	-0.370
35% 와 37%	0.794	0.047

표 4. 교합변연부에서의 농도별 누출의 정도 비교

($P < 0.01$, Gamma : -0.587 by RIDIT analysis)

	10%	32%	35%	37%
0	5	10	12	16
1	5	9	6	2
2	4	1	0	2
3	6	0	2	0

표 5. 교합변연부에서의 농도별 누출의 정도 비교

(* : statistically significant by X^2 -test, RIDIT analysis)

비교 대상	P value	Gamma value
10% 와 32%	0.020*	-0.900
10% 와 35%	0.006*	-0.800
10% 와 37%	0.006*	-0.800
32% 와 35%	0.553	-
32% 와 37%	0.553	-
35% 와 37%	1.000	-

표 6. 치은변연부에서의 농도별 누출의 정도 비교

($P > 0.01$ by RIDIT analysis)

	10%	32%	35%	37%
0	3	1	9	4
1	4	1	3	1
2	1	1	1	5
3	12	17	7	7

표 7. 치은변연부에서의 농도별 누출의 정도 비교

(* : statistically significant by X^2 -test, RIDIT analysis)

비교 대상	P value	Gamma value
10% 와 32%	0.062	-0.658
10% 와 35%	0.118	-
10% 와 37%	1.000	-
32% 와 35%	0.001*	-0.862
32% 와 37%	0.031*	-0.714
35% 와 37%	0.212	-

를 상호비교시 Gamma value가 -1에 가까운 매우 뚜렷한 역비례상관을 보이는 통계학적 유의성을 나타냈다($P < 0.05$, 표 5).

- 치은변연부에서의 농도별 누출정도 비교시, 인산 농도별 누출정도에 대해 어떤 경향성을 보이지 않았으며 32% 이상의 인산농도에 있어서는 미세누출의 정도에 차이가 없었다. 또한 인산농도별 누출의 정도 비교시, 32%와 35%, 32%와 37%의 인산농도간에 통계학적인 유의성이 보였다 ($P < 0.05$, 표 6, 7).

IV. 총괄 및 고안

수복학에서 치질과 수복물사이의 접착은 중요한 요구조건중의 하나로써 수복물의 내구성은 치질의 접착력 및 변연누출 정도에 의해 결정되며 변연누출이 있는 경우 세균 및 이물질의 침투로 인한 변연부착색, 수복물의 변연파괴, 치아우식증, 슬루 지각과민증 및 치수자극이 야기될 수 있다^{4,7,10,38}). 특히 접착이 요구되는 심미수복재의 경우 접착이 증가함으로써 수복물의 유지형태가 불필요하게 되고 치질삭제가 최소화되며 변연부 접합성이 우수하게 되어 이상과 같은 문제점을 감소시킬 수 있어 변연누출이 없는 수복재를 개발하려는 노력이 이뤄지고 있지만 아직까지는 어떠한 수복재도 이를 만족시키지 못하는 실정이다.

수복물의 변연누출을 알아보기 위한 실험방법으로 색소침투법, 미생물침투법, 자가방사법, 주사전자현미경 등이 이용되어 왔으나^{19,20,41,42}), 이중 색소를 이용하여 색소가 침투한 정도를 가지고 미세누출의 정도를 평가하는 방법이 가장 널리 쓰여지고 있으며, 본 실험에서는 사용이 편리하고 색소침투력이 우수한 2% methylene blue를 이용한 색소침투법을 사용하였다. 일반적으로 치경부 마모증은 순측의 법랑백악 경계부에서 발생하므로 본 연구에서도 대구치의 치경부에 5급와동을 형성하여 서로 다른 인산농도로 와동을 산부식하고 복합레진을 충전하였으며, 근침으로 부더의 색소침투를 방지하기 위해 저속의 No. 1, 2 round bur로

근접에 와동을 형성하여 Copalite를 도포하고 아말감을 충전한 후, 와동변연 1mm를 남기고 기타부위를 nail varnish 로 2회 도포하여 기타부위로의 색소침투를 방지하였으며 금속현미경을 이용하여 교합변연부, 치은변연부에서의 미세누출 정도를 점수화하여 상호비교 하였다.

1955년 Buonocore⁹⁾가 산부식법을 이용한 이래 복합레진은 법랑질에 대한 충분한 결합을 얻을 수 있으나 상아질에 대한 결합은 부족하여 상아질에서의 접착력 증가를 위해 많은 연구가 진행되고 있다^{8, 12, 13, 17, 25)}. 상아질에 대한 접착이 어려운 이유는 법랑질과는 달리 상아질은 유기성분과 수분이 많고 상아세관내에 체액과 조상아세포돌기를 함유하고 있어 접착강도가 법랑질에 비해 낮게 나타나는 것으로 보고 되어 있다⁵⁾.

상아질의 산부식 상아세관을 폐쇄하고 있는 치질잔사의 제거로 인하여 치수반응이 유발되며¹⁶⁾ 특히 잔존상아질의 두께가 1mm 미만일 때 더 심한 치수손상을 초래하고⁴⁹⁾, 산부식을 하지않은 경우보다 더 많은 세균이 상아세관내에서 발견되었다고 하였으며 치수까지 침투한 경우도 발견 되었다고 보고함으로써^{4, 21)} 상아질 산부식을 금기하였다. 반면, 상아질의 산부식은 치수손상을 줄 수 없으며 산부식 시간이 짧은 경우에 상아질 표면은 변화하지만 상아세관의 변화는 일어나지 않아 치수조직의 손상이 없고 치수손상의 주원인은 산부식에 의한 것이 아니라 오히려 미세누출에 의한 세균침입이라 하여^{23, 28, 32, 41)} 상아질의 산부식에 대한 논란이 있었다. 근래에와서는 구강내에서 법랑질과 상아질의 명확한 구분이 어렵고 상아질의 산부식이 치수병변을 야기하지 않는다는 주장에^{17, 18)} 의해 상아질과 법랑질을 동시에 산부식하여 상아질에 대한 결합을 증가시키는 “total etch technique”¹⁷⁾이 시도되어 점차 보편화되고 있다.

도말층은 와동형성시 발생하며 Eick등¹⁴⁾이 주사전자현미경상에서 최초로 관찰하였고, 치수잔사를 비롯하여 구강내 혈액, 타액 및 세균 등으로 이루어진 0.5 μ m 내지 15 μ m 정도의 오염입자 크기와 1에서 5 μ m 정도의 두께를 가진

치밀하지 못한 구조를 가지고 있다^{5, 34)}. 상아질의 접착에 대한 관심이 증대함에 따라 삭제된 상아질 표면에 형성된 도말층에 대한 많은 연구가 진행되었다. Douglas¹²⁾, Pashley등³⁵⁾은 산처리로 도말층을 제거하면 미생물 침투에 대한 보호막을 상실할 수 있다는 점과 상아세관 입구의 smear plug의 제거로 인한 상아세관의 확대가 치수에의 자극전달을 용이하게 한다고 하였고, Pashley³³⁾, Stanley⁴³⁾ 등은 도말층을 제거하기 위하여 산처리한 경우 상아세관의 확장에 의해 상아질 투과성이 증가하여 상아질 접착제의 효과적인 접착이 어렵다고 보고하였으며, Torney등⁴⁹⁾은 상아질을 산처리 하지 않은 경우에 더욱 더 큰 유지력을 갖는다 하여 도말층을 보존하거나 결합에 유리하도록 변형하는 것이 타당하다고 주장하였다. 반면 Brannstrom과 Nyborg⁶⁾는 도말층이 초기에는 상아질에 단단히 부착되나 시간의 경과에 따라 부착이 느슨해져서 몇주내에 세균과 누출액으로 대체되어 치수에 해로운 영향을 줄 수 있으므로 제거해야 한다 하였고, Brannstrom등³⁾, Gwinnett등²⁰⁾은 상아질의 산처리 후 복합레진이 상아세관내로 침투된 양상을 관찰함으로써 수복물의 기계적 결합이 가능하다고 하였다. 또한 Fusayama등¹⁶⁾은 도말층을 제거하거나 용해시켰을 경우 수복물의 치질에 대한 접착강도가 증가되었다고 보고하고, 레진 plug가 smear plug에서보다 훨씬 더 견고한 폐쇄를 얻을 수 있으므로 상아질을 산처리해서 도말층과 smear plug를 제거해야 우수한 폐쇄효과를 얻을 수 있어 도말층은 제거되어야 한다하여, 본 연구에서도 여러 농도의 인산을 이용하여 도말층을 제거하였다.

치아표면의 산부식제로는 다양한 종류가 개발되고 있으나 주로 인산이 많이 사용되고 있으며, 인산은 짧은 시간에 도말층을 제거할 수 있고 가격이 저렴하며 법랑질과 상아질을 처리한 후 상아질 처리제가 잘 침투될 수 있도록 하는 특성²⁶⁾이 있는 바, Duke등¹³⁾은 인산 용액이 치면에 미세한 요철을 형성시켜 접착제의 유입으로 resin tag를 형성해 기계적 접착을 유도한다 하였으며, Pashley등³⁷⁾은 인

산이 도말층을 제거할 뿐아니라 상아세관을 완전히 개방시킨다 하였다. 또한 Brannstrom과 Johnson³⁾은 37% 인산으로 상아질을 표면처리 시 상아세관이 개방되고 관주상아질의 탈회기 일어나 상아세관의 크기가 정상보다 3배 증가한다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 인산 농도를 10%, 32%, 35%, 37%로 다양화하여 법랑질과 상아질을 산부식하고 치질과 복합레진사이의 결합에 미치는 영향을 평가하였다.

변연누출과 치질과의 결합관계에서 Munks-gaard 등³¹⁾은 복합레진이 중합수축에 견디기 위해서는 상아질과의 결합력이 17MPa 이상이어야 한다고 보고하였으며, Abdalla 등¹⁾은 10%와 35%의 인산농도 비교에서 35%의 인산으로 법랑질을 산부식 하였을 때, 더 높은 전단결합강도를 나타내어 30%에서 35% 사이의 인산농도를 선택 할것을 제안하였고, Kanca²⁷⁾는 10% 인산으로 20초간 산부식시, 37% 인산으로 15초간 산부식한 것과 유사한 결합강도를 보인다고 보고하였다. Swift 등⁴⁶⁾은 복합레진이 중합수축 응력에 견디려면 17 MPa의 전단결합강도가 필요한 바, 35-40%의 인산농도에 의한 법랑질의 산부식으로 20MPa의 결합강도를 얻을 수 있으며, 이는 복합레진 수복물의 유지와 변연봉쇄에 충분하다 하였다.

반면 Moore 등³⁰⁾은 치질과의 결합력과 변연누출과는 역비례 관계에 있다고 하였으며, Davidson 등¹¹⁾은 결합력만이 변연누출을 해결할 수 있는 열쇠는 아니라 하였다. 부식제의 조성파 상아질에 대한 결합강도 연구에서, Kanca²⁷⁾는 상아질 처리시 silica나 oxalate가 없는 산부식제를 이용할 것을 추천하였고, Swift 등⁴⁵⁾은 여러종류의 인산으로 상아질을 산부식하여 Scotchbond Multi-Purpose 상아질 접착제를 도포한 후 상아질과의 결합강도를 비교하여, 25%의 인산을 제외한 10% 인산, 32% 인산, 35% 인산간에는 통계학적인 차이가 없었으나 35% 인산이 법랑질의 산부식에 가장 효과적으로 나타나 높은 농도의 인산으로 법랑질을 산부식할 것을 제안하였다.

인산농도와 미세누출에 대한 연구에서 Retief와 Mandras³⁹⁾은 37% 인산으로 도말층을 제거할 경우 낮은 전단결합강도에도 불구하고 미세누출이 감소되었다고 보고하였다. 또한, Retief 등³⁹⁾은 상아질 표면처리제와 10%의 인산을 이용하는 All-Etch를 비교한 결과, 10%의 인산을 사용한 All-Etch가 더 적은 미세누출을 보였으나 통계학적인 차이는 없었다고 하였고, Kanca 등²⁶⁾은 결합력의 증가로 인해 반드시 변연누출이 감소되는 것은 아니며 이러한 이유는 높은 결합강도에도 불구하고 상아질에 대한 접착이 균일하게 이루어지지 않아서 생기는 많은 미세공간들이 미세변연누출을 초래하기 때문이라고 설명하였다. 반면 Linden과 Swift²⁹⁾는 질산은을 이용한 복합레진의 미세누출 평가에서 산부식된 법랑질에서는 미세누출이 없었으며, 10%의 인산을 사용한 All-Bond 2가 37%의 인산을 사용한 Scotchbond 2보다 적은 변연부에서 보다 적은 미세누출을 보였으며 이는 높은 결합강도 때문이라고 하였다. 또한 Pashley³⁷⁾는 인산농도는 탈회깊이나 전단결합강도에 뚜렷한 효과를 보이지 않았으며 부식제의 농도보다는 점도와 삼투성 같은 변수가 접착에 중요한 인자가 된다고 하였다.

본 연구에서도 인산의 농도가 증가함에 따라 0도와 1도의 미세누출이 증가하는 경향을 보였고 또한 32%와 37%, 10%와 35%의 인산농도사이에 통계적 유의성을 나타내어, Linden과 Swift²⁹⁾, Kanca²⁶⁾, Retief와 Mandras³⁹⁾ 등의 보고와 일치하였는데, 이는 10%의 인산농도가 고농도의 인산에 비해 상아질에 충분한 정도의 micromechanical undercut를 형성해 내지 못하기 때문으로 사료된다.

본 연구에서 교합변연부가 치은변연부보다 0이나 1도의 미세누출이 많이 나타났으며 인산농도의 증가와 함께 미세누출이 감소하는 경향을 보인 반면, 치은변연부에서는 인산농도가 증가함에 따라 미세누출의 감소는 보이지 않았으나, 32%보다는 35%와 37%의 농도에서 미세누출이 감소 경향을 보였다. 이는 백악법랑경계부에서 치근측으로 와동의 치은변연부가 위치하는 경우 변연누출이 심하다고 보고한 Re-

tief와 Woods⁴⁰⁾의 보고와 일치하였으며, 본 실험에서 치은변연부가 교합변연부보다 변연누출이 크게 나타난 이유는 교합변연부에서는 법랑질의 산부식에 의하여 적절한 결합력을 얻을 수 있는 반면, 치은변연부는 상아질과 백악질에 위치하여 중합수축시 발생하는 수축응력을 견딜만큼 충분한 결합력을 얻을 수 없기 때문이라 생각된다. 이에 따라 치은변연부에서의 누출을 줄일 수 있는 재료의 연구개발이 요구되며 인산뿐만 아니라 다른 여러 종류의 산으로 산부식한 경우의 미세누출 및 접합도에 관해서도 계속적인 연구가 진행 되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

상, 하악 대구치 40개에 5급 와동을 형성하고 와동을 10%, 32%, 35%, 37% 농도의 인산으로 산부식 처리한 다음 ONE-STEP™ 접착제를 바르고 AELITEFIL 복합레진으로 충전한 후, 2% methylene blue dye를 이용한 색소 침투법으로 미세누출을 측정하여 산부식시 인산농도에 따른 치질과 수복물간의 변연누출을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인산농도에 따른 교합변연부와 치은변연부 전체에서의 미세누출정도는 10%와 35% ($P < 0.01$), 10%와 37% ($P > 0.01$), 32%와 35% ($P < 0.05$), 32%와 37% ($P < 0.05$)의 인산농도간에 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으며 전반적으로 인산농도가 증가됨에 따라 0과 1도에 편중되어 미세누출정도가 감소되는 경향을 보였다. 그러나 10%와 32%, 35%와 37%의 인산농도간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).
2. 교합변연부에서의 인산농도에 따른 미세누출 정도는 10%와 32% 이상의 인산농도간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내어 ($P < 0.05$) 인산농도의 증가와 함께 미세누출정도가 뚜렷이 감소하였다. 한편 32% 이상의 인산농도간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).
3. 치은변연부에서의 인산농도간 미세누출 비교시 10%의 인산농도에서 32% 이상의 농도로 증가됨에 따라 미세누출정도가 감소되는 경향은 보이지 않았으나($P > 0.05$), 32% 이상의 인산농도간의 비교에서는 35%와 37% 농도에서 32% 농도보다 미세누출이 감소됨을 보였다($P < 0.05$).

참고문헌

1. Abdalla, A.I. and Davidson, C.L. : "Shear bond strength and microleakage of new dentin bonding systems", *Am. J. O. Dent.*, 6 : 295-298, 1993.
2. Berry, T.G. and Osborne, J.W. : "Dentin bonding vs enamel bonding of composite restorations : A clinical evaluation", *Dent. Mat.*, 5 : 90-92, 1989.
3. Brannstrom, M., Glantic, P.D. and Nordevall, K.J. : "The effect of some cleaning solutions on the morphology of dentin prepared in different ways : In-vivo study", *J. Dent. Child.*, 46 : 291-295, 1975.
4. Brannstrom, M. and Nyborg, H. : "Pulp reactions to composite resin restoration", *J. Prosth. Dent.*, 28 : 181-189, 1972.
5. Brannstrom, M. and Johnson, G. : "Effects of various considerations and cleaning agents on prepared dentin surface : A SEM investigation", *J. Prosth. Dent.*, 31 : 422-430, 1974.
6. Brannstrom, M. and Nyborg, H. : "Cavity treatment with a microcidal fluoride solution : Growth of bacteria and effect on the pulp", *J. Prosth. Dent.*, 30 : 303-310, 1973.
7. Brannstrom, M. : "The cause of postoperative sensitivity and its prevention", *J. O. Endo.*, 12 : 47-48, 1986.
8. Brannstrom, M. and Nordenvall, K.J. : "The effect of acid etching on enamel, de-

- ntin, and the inner surface of the resin restoration : A SEM investigation", *J. Dent. Res.*, 56 : 917-923, 1977.
9. Buonocore, M.G. : "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces", *J. Dent. Res.*, 34 : 849-853, 1955.
 10. Christen, A.G. and Mitchell, D.F. : "A fluorescent dye method for demonstrating leakage around dental restorations", *J. Dent. Res.*, 45 : 1485-1492, 1996.
 11. Davidson, C.L., Kemp-Scholte, C.M. : "Short commings of composite resins in class V restorations", *J. Esth. Dent.*, 1(1) : 1-4, 1989.
 12. Douglas, W.H. : "Clinical status of dentin bonding agents", *J. Dent.*, 17 : 209-215, 1989.
 13. Duke, E.S., Phillips, R.W. and Blumers-hine, R. : "Effect of various agents in cleaning cut dentin", *J. Oral Rehab.*, 12 : 295-302, 1985.
 14. Eick, J.D., Wilko, R.A., Anderson, C.H. and Sorensen, S.E. : "SEM of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe", *J. Dent. Res.*, 49 : 1359-1368, 1970.
 15. Ericksen, H.M. : "Protection against harmful effects of a restorative procedure using an acidic cavity cleanser", *J. Dent. Res.*, 55 : 281-284, 1976.
 16. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N. and Iwaku, M. : "Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin", *J. Dent. Res.*, 58 : 1364-1370, 1979.
 17. Fusayama, T. : "Total etch technique and cavity isolation", *J. Esth. Dent.*, 4(4), 1992.
 18. Going, R.E. : "Microleakage around dental restorations : A summarizing reviews", *J. Am. Dent. Assoc.*, 4 : 1349-1357, 1972.
 19. Gorden, M. and Plasschaert, A.J.M. : "Microleakage of several tooth-colored restorative materials with cervical cavities", *Dent. Mat.*, 2 : 228-231, 1986.
 20. Gwinnett, A.J. : "Smear layer : morphological consideration", *Oper. Dent.*, 3 : 3-12, 1984.
 21. Gwinnett, A.J. : "Structural changes in enamel and dentin of fractured anterior teeth after acid conditioning in vitro", *J. Am. Dent. Assoc.*, 86 : 117-122, 1973.
 22. Gwinnett, A.J. : "The Morphologic relationship between dental resin and etched dentin", *J. Dent. Res.*, 56 : 1155-1160, 1977.
 23. Jennings, R.E. and Ranley, D.M. : "Auto radiographic studies of p³² penetration into enamel and dentin during acid etching", *J. Dent. Child.*, 39 : 69-71, 1972.
 24. Johnson, R.H., Christensen, G.J., Stigers, R.W. and Laswell, H.R. : "Pulpal irritation due to the phosphoric acid component of silicate cement", *Oral. Surg.*, 29 : 447-454, 1970.
 25. Kanca III, J. : "A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner", *Quint. Int.*, 22 : 285-290, 1991.
 26. Kanca III, J. : "An alternative hypothesis to the cause of pulpal inflammation in teeth treated with phosphoric acid on the dentin", *Quint. Int.*, 21 : 83-86, 1990.
 27. Kanca III, J. : "Etchant composition and bond strength to dentin", *Am. J. O. Dent.*, 6 : 287-290, 1993.
 28. Kurosaki, N., Kubota, M., Yamamoto, Y. and Fusayama, T. : "The effect of etching on the dentin of the clinical cavity floor", *Quint. Int.*, 21 : 2, 1990.
 29. Linden, J.J. and Swift, E.J. : "Microleakage of two new dentin adhesives", *Am. J. O. Dent.*, 7 : 31-34, 1994.
 30. Moore, B.K. and Phillips, R.W. : "A comparative study bond strength and micro-

- leakage with dentin bond systems", *Oper. Dent.*, 15(2) : 53–60, 1990.
31. Munksgaard, E.C. and Asmussen, E. : "Dentin polymer bond promoted by Gluma and various resins", *J. Dent. Res.*, 64 : 1409–1411, 1985.
 32. Nyborg, H. and Bramnstrom, M. : "The presence of bacteria in cavities filled with silicate cement and composite resin materials", *Swed. Dent. J.*, 64 : 149–155, 1971.
 33. Pashley, D.H., Michelich, V. and Kehl, T. : "Dentin permeability : Effects of smear layer removal", *J. Prosth. Dent.*, 46 : 531–537, 1981.
 34. Pashley, D.H. : "Smear layer : physiological considerations", *Oper. Dent.*, 3 : 13–29, 1984.
 35. Pashley, E.L., Tao, L., Derkson, G. and Pashley, D.H. : "Dentin permeability and bond strength after various surface treatment", *Dent. Mat.*, 5 : 375–378, 1989.
 36. Pashley, D.H. : "Clinical considerations of microleakage", *J. O. Endo.*, 16(2) : 70–77, 1982.
 37. Pashley, D.H. : "The effect of acid etching on the pulpodentin complex", *Oper. Dent.*, 17 : 229–242, 1992.
 38. Phillips, R.W. : "New concepts in materials used for restorative dentistry", *J. Am. Dent. Assoc.*, 70 : 652–661, 1965.
 39. Retief, H.D., Mandras, R.S., Russell, C.M. and Denis, F.R. : "Phosphoric acid as a dentin etchant", *Am. J. O. Dent.*, 5 : 24–28, 1992.
 40. Retief, D.H., Woods, B.S. and Jam, H.C. : "Effect of cavosurface treatment on marginal leakage in class V composite resin restorations", *J. Prosth. Dent.* 47 : 476, 1982.
 41. Scheidt, G.C. and Lee, J.R., Lee, H.L. : "Effect of acid etchants on dentin", *J. Dent. Res.*, 52 : 1228–1232, 1973.
 42. Seltzer, S. : "The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings", *J. Am. Dent. Assoc.*, 51 : 560, 1955.
 43. Stanley, H.R., Going, R.E. and Chauncey, H.H. : "Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration", *J. Am. Dent. Assoc.*, 91 : 817–825, 1975.
 44. Sturdevant, C.M., Barton, R.E. and Braner, J.C. : "The art and science of operative dentistry", 2nd ed., The C.V. Mosby co., 1985, pp497–501.
 45. Swift, E.J., Denehy, G.E. and Beck, M.D. : "Use of phosphoric acid etchants with Scotchbond Multi-Purpose", *Am. J. O. Dent.*, 6 : 88–90, 1993.
 46. Swift, E.J. and Cloe, B.C. : "Shear bond strengths of new enamel etchants", *Am. J. O. Dent.*, 6 : 162–164, 1993.
 47. Tao, L., Pashley, D.H. and Boyd, L. : "Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths", *Dent. Mat.*, 4 : 208–216, 1988.
 48. Tencate, A.R. : "Dentin-pulp Complex : In Oral Histology. Development, Structure, and Function", 3rd. ed., The C.V. Mosby Co., 1989, p157.
 49. Torney, D.L. : "The retentive ability of acid etched dentin", *J. Prosth. Dent.*, 39 : 169–172, 1978.