

산부식시간이 법랑질 표면 부식형태와 교정장치의 전단접착강도에 미치는 영향에 관한 연구

남 동 석¹⁾ · 서 정 훈²⁾ · 양 원 식³⁾ · 장 영 일⁴⁾

본 연구의 목적은 법랑질 표면에 대한 산부식시간의 차이가 법랑질 표면의 부식형태, 교정장치의 전단접착강도 및 탈락 양상에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 교정치료를 위해 발거된 하악 소구치의 법랑질을 37% 인산 용액을 이용하여 동일한 방법으로 각각 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120초 동안 부식시킨 후 법랑질 표면을 주사전자현미경으로 관찰하고, 교정장치를 접착한 후 Instron universal testing machine을 이용하여 전단접착강도를 측정하고 교정장치의 탈락 양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 산부식시간을 5-120초 범위에서 변화시켜도 교정장치의 전단접착강도는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 없었다 ($p < 0.05$).
2. 산부식시간에 따른 교정장치의 탈락 양상은 15초 이하 부식군(5, 10, 15초)과 30초 이상 부식군(30, 45, 60, 60, 120초) 사이에 차이가 있었다. 즉, 15초 이하 부식군에서는 접착제/법랑질 경계부 탈락이 상대적으로 많았으나, 30초 이상 부식군에서는 접착제/교정장치 경계부 탈락이 많았다.
3. 법랑질 표면의 부식형태는 매우 다양하였으며 동일한 법랑질 표면에서도 여러 가지 형태의 부식 소견이 관찰되었다. 또한 법랑질 부식형태와 교정장치의 접착강도 사이에 연관성을 발견할 수 없었다.
4. 본 연구의 결과는 실험적 조건에서는 부식시간을 5초로 단축하여도 임상적으로 유용한 접착강도를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 그러나, 15초 이하 부식군에서 나타난 탈락 양상에 대해서는 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

(주요 단어 : 산부식시간, 법랑질 표면 부식형태, 전단접착강도)

I. 서 론

40여년 전 법랑질 산부식술이 치과계에 소개된 이후로, 이 술식은 발전을 거듭하여 현재에는 치과학의 여러 분야에서 다양하게 응용되고 있으며, 치과교정학에서도 교정장치의 접착 등에 일반적으로 사용되고 있다.

법랑질을 85% 인산 용액으로 30초 동안 부식시키면 아크릴 레진의 접착(adhesion)이 증가한다는 Buonocore⁷⁾의 연구 이래로 적절한 산부식 조건을 결정하기 위해 광범위한 연구가 지속되어 왔으며, 그 중에서도 특히 인산 농도와 산부식시간이 미치는 영향은 중요한 관심사였다.

법랑질 부식에 사용되는 인산 농도는 Buonocore⁷⁾의 연구 이후 점진적으로 감소되어 최근에는 30-50%의 인산 용액이 널리 사용되고 있다.

적절한 산부식시간을 결정하기 위해서도 많은 연구들이 행해졌다. 초창기에 Buonocore⁷⁾와 Miura 등¹⁷⁾은 30초 동안, Newman¹⁸⁾은 60초 동안 법랑질을 부식시켰다. 한편 Wickwire와 Rentz²⁹⁾는 50% 인산 용

¹⁾ 서울대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

²⁾ 서울대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

³⁾ 서울대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

⁴⁾ 서울대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

본 연구는 1995년도 서울대학교병원 지정 공동 연구비(02-95-371)의 지원으로 이루어졌음.

액으로 법랑질을 2, 4, 6분간 부식시킨 경우 4분간 부식시켰을 때 임상적으로나 조직학적으로 브라켓의 직접접착에 가장 좋은 조건이 형성된다고 발표하기도 하였다. 그러나 1974년 Silverstone²³⁾은 20-50% 인산 용액으로 법랑질을 1, 2, 5분 동안 부식시켰을 때 1분 동안 부식시킨 경우에 치면열구전색제의 유지에 적절한 결과를 얻었다고 보고하였으며, 이후로 법랑질 산부식은 주로 60초 동안 시행되었다.

그러나, 과도한 산부식에 의한 법랑질의 손실을 줄이고, 접착에 소요되는 시간을 단축시키기 위해 산부식시간을 단축시켜야 한다는 주장이 제기되었다.

1977년 Brännströmm과 Nordenvall⁶⁾은 법랑질 표면을 37% 인산 용액으로 15초와 120초 동안 부식시킨 후, 부식된 법랑질 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 부식형태에는 유의한 차이가 없으며 따라서 산부식시간을 단축시켜도 무관하다고 하였다. 또한 이들은 다른 연구¹⁹⁾에서 동일한 방법으로 15초와 60초 동안 산부식시킨 경우의 차이를 조사하였는데, 유치에서는 차이가 없었으며, 성장기 아동의 영구치에서는 15초 부식에 더 양호한 유지 조건을 얻었으며, 성인의 영구치에서는 60초 부식이 더 효과적이라고 하였다. 그러나 이들의 연구는 법랑질 표면의 형태 및 거칠기를 기계적 유지의 지표로 사용한 것이며 실질적인 접착강도를 나타낸 것은 아니었다.

이후로 부식시간의 단축이 미치는 영향을 알아보기 위해 많은 실험적^{2,3,4,5,11,26)} 및 임상적^{8,13,14,22,25,27)} 연구들이 시행되었으며, 그 결과들은 산부식시간을 15초 더 나아가 5초까지 단축시켜도 접착강도나 법랑질의 형태 및 임상적 탈락을 등에 영향을 끼치지 않는다고 보고하고 있다.

그러나 일부에서는 최근까지도 산부식시간을 일정 수준을 넘어 감소시키거나 증가시키면 접착강도가 영향을 받는다는 주장들도 제기되고 있다.^{15,16,20,28)}

지금까지 행해진 많은 연구의 결과들을 살펴보면 아직까지는 법랑질 표면에 대한 산부식시간이 접착강도에 끼치는 영향에 대해서는 논란의 여지가 있다고 볼 수 있다. 이에 저자들은 산부식시간의 차이에 따른 법랑질 표면의 부식형태를 관찰하고, 교정장치의 전단접착강도를 측정하며, 탈락된 교정장치의 탈락 양상을 관찰하여 임상적 적용에 도움을 주고자 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험용 블록 제작

교정치료를 위해 발거된 하악 소구치 중에서 육안으로 보았을 때 법랑질이 완전하고, 균열이 없으며 치아우식증 및 충전물이 없는 치아 96개를 선택하여 발치 즉시 생리 식염수에 넣어 실험을 실시할 때까지 보관하였다. 96개의 치아 중 80개는 전단접착강도의 측정 및 탈락 양상 관찰에 사용하였으며, 나머지 16개는 주사전자현미경 관찰에 사용하였다.

전단접착강도의 측정을 위한 블록을 제작하기 위해 80개 치아의 치근을 절단한 후 외경 15mm, 길이 15mm의 아크릴 관에 자가중합 아크릴 레진을 이용하여 협측 법랑질이 1-2mm 노출되면서 지면과 수평이 되도록 치관을 매몰하였다.

이들 블록을 무작위로 10개씩 8군으로 나눈 후, 법랑질 표면을 불소가 함유되지 않은 퍼미스로 치면세마한 후 세척하고 수분이 함유되지 않은 압축공기를 이용하여 완전히 건조시켰다. 37% 인산용액을 사용하여 각 군별로 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120초 동안 산부식시키고, 다시 30초 동안 세척한 후 다시 압축공기를 이용하여 건조시켰다.

산부식된 법랑질 표면에 광중합 접착제(Transbond; Unitek/3M, USA)와 가시광선 조사기(Ortholux; Unitek/3M, USA)를 이용하여 교정장치를 접착하였으며, 교정장치로는 lingual button(Ormco Corp., USA)을 사용하였다. 접착시 스케일러를 사용하여 교정장치 기저부가 치면에 밀착되도록 압력을 가하고 여분의 접착제를 제거한 후 가시광선을 조사하여 중합시키고 다시 생리식염수에 24시간 동안 보관한 후 전단접착강도를 측정하였다.

2. 전단접착강도 측정 및 탈락 양상 관찰

전단접착강도의 측정에는 Instron Universal Testing Machine(Model 4466; Instron Ltd, England)을 이용하였다. 교정장치가 접착된 실험용 블록을 특별히 제작된 고정기구를 이용하여 측정기계의 하부에 고정시키고 crosshead에 연결된 그립에는 inverted Y 형태의 고리를 고정하여 고리의 끝부분이 교정장치에 걸리도록 하였다. 이 상태에서 crosshead를 상방으로 1mm/min.의 속도로 치면에 평행하게 이동시키면서 전단력을 가하여 교정장치가 탈락될 때의 하중

을 기록하였다.

탈락된 교정장치의 기저부와 법랑질 표면을 확대 관찰하여 탈락 양상을 5가지 형태로 분류하였다. 그리고 1형과 2형은 접착제/법랑질 경계부에서, 4형과 5형은 접착제/교정장치 경계부에서 탈락된 것으로 해석하였다.

- 1형; 법랑질 표면에 접착제가 전혀 남아있지 않은 경우
- 2형; 법랑질 표면에 남아있는 접착제의 양이 20% 미만인 경우
- 3형; 법랑질 표면에 남아있는 접착제의 양이 20-80%인 경우
- 4형; 법랑질 표면에 남아있는 접착제의 양이 80% 이상인 경우
- 5형; 모든 접착제가 기저부의 음형을 나타내면서 법랑질 표면에 남아있는 경우

3. 주사전자현미경을 이용한 법랑질 부식형태 관찰

부식형태의 관찰을 위해 16개 치아의 치근을 절단하고 설면을 평평하게 연마하였다. 이들 치아를 2개씩 8개 군으로 분류한 후 앞서 언급한 방법에 의해 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120초 동안 부식 및 건조시킨 후, ion sputter(JFC-1100; JEOL LTD, Japan)로 금 증착하여 주사전자현미경(JSM-T200; JEOL Technics Co., Japan)에서 가속전압 25Kv로 관찰하였다. 법랑질 표면의 부식형태는 Carstensen⁹⁾과 Diedrich¹⁰⁾의 문헌을 참고로 하여 아래에 제시한 5가지 유형을 중심으로 관찰하였다.

- 1형; 법랑소주 중심부의 선택적 용해. 벌집(honey-comb) 형태
- 2형; 법랑소주 경계부의 선택적 용해. 조약돌(cobblestone) 형태
- 3형; 명확하지 않은 부식형태(less structured etch type)
- 4형; 법랑질 표면에 소와(pit)가 관찰되며, 완성되지 않은 퍼즐, 지도 또는 네트워크 형태
- 5형; 평평하고 거칠지 않은 표면

4. 통계처리

법랑질 산부식시간이 교정장치의 전단접착강도에 미치는 영향을 알아보기 위해, 일원분산분석(one

표 1. 산부식시간에 따른 교정장치의 전단접착강도의 평균, 표준편차 및 최소치와 최고치

	전단접착강도(Kg.F)			
	평균	표준편차	최소치	최대치
5초	13.94	0.97	12.55	15.34
10초	14.29	1.93	11.26	17.09
15초	14.99	1.32	12.09	16.55
30초	14.49	1.06	12.58	16.09
45초	15.01	1.24	13.09	16.90
60초	15.34	1.69	11.74	17.00
90초	14.62	1.94	12.23	17.62
120초	14.24	1.14	12.82	16.42

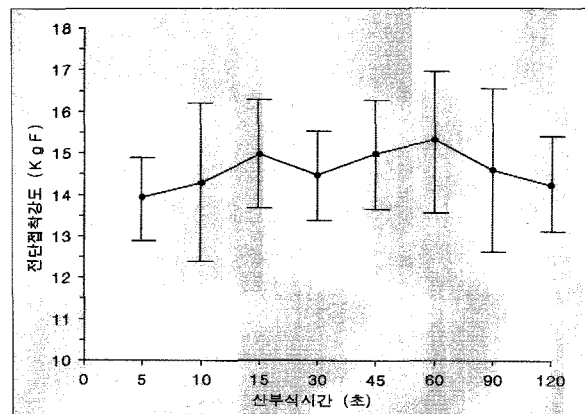


그림 1. 전단접착강도의 평균 및 표준편차

way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 시행하여 통계학적 유의성을 검정하였다.

III. 결 과

1. 교정장치의 전단접착강도

부식시간에 따른 전단접착강도의 평균, 표준편차, 최소치와 최대치를 표 1에 제시하였으며, 그림 1은 8개 군의 평균 및 표준편차를 비교한 그래프이다.

법랑질을 60초 동안 부식시켰을 때 교정장치의 전단접착강도가 가장 높았으나, 일원분산분석 결과 8개 군의 전단접착강도는 통계학적으로 유의성 있는 차

표 2. 교정장치의 탈락 양상

	교정장치의 탈락 양상					합 계
	1형	2형	3형	4형	5형	
5초	3	4	1	2	0	10
10초	2	3	3	1	1	10
15초	2	5	1	2	0	10
30초	0	0	2	6	2	10
45초	1	0	2	5	2	10
60초	0	2	2	4	2	10
90초	0	0	5	3	2	10
120초	1	1	3	4	1	10
합 계(%)	9(11.25)	15(18.75)	19(23.75)	27(33.75)	10(12.5)	80(100)

이가 없었다($p < 0.05$). 즉, 산부식시간을 5-120초 범위에서 변화시켜도 교정장치의 전단접착강도는 유의성 있는 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

2. 교정장치의 탈락 양상

교정장치가 탈락될 때의 양상을 표 2에 제시하였다. 총 80개의 실험편 중에서 접착제/법랑질 경계부 탈락(1형, 2형)이 24개(30%)이었으며, 접착제/교정장치 경계부 탈락(4형, 5형)이 37개(46.25%)이었다. 부식시간에 따른 탈락 양상을 비교해보면 5, 10, 15초 군에서는 접착제/법랑질 경계부 탈락(1형, 2형)의 비율이 상대적으로 높았으나(63.33%), 30, 45, 60, 90, 120초 군에서는 접착제/교정장치 경계부 탈락(4형, 5형)의 비율이 높아(62%) 서로 반대되는 양상으로 나타났다.

3. 부식된 법랑질 표면의 주사전자현미경 관찰

부식시간에 따른 법랑질 표면 부식형태를 여러가지 배율(100배~3500배)로 관찰한 후, 그 중에서 2000배 확대 상을 촬영하여 그림 2에 제시하였다. 법랑질 표면의 부식형태는 매우 다양하였으며, 동일 치아에서도 여러 가지 형태가 함께 보이는 경우가 많았기 때문에, 각각의 부식시간에서 많은 부분을 차지하는 전형적인 모습을 제시하였다.

5초 부식 법랑질(그림 2-A)은 명확한 부식형태 없

이 열구와 소와 등이 관찰되는 소견을 보이고 있으며, 3형 또는 5형 부식형태를 나타내는 것으로 평가하였다. 10, 15, 120초 부식 법랑질(그림 2-B,C,H)은 법랑소주 주변을 따라 열구가 형성되면서 표면이 거칠어지는 소견을 보이며, 1형 부식형태의 초기 단계로 여겨진다. 30초 부식 법랑질(그림 2-D)에서 제시한 사진은 법랑소주의 중앙부가 선택적으로 용해된 전형적인 1형 부식형태이다. 45초 부식 법랑질(그림 2-E)에서 사진의 중앙부는 1형 부식형태의 중간 단계를 나타내며, 우측 상부와 하부는 4형 부식형태를 보이는 것으로 평가할 수 있다. 60초 부식 법랑질(그림 2-F)에서는 진행된 1형과 경미한 2형(flat type 2) 부식형태 함께 관찰된다. 90초 부식 법랑질(그림 2-G)에서 사진의 중앙부는 1형 부식형태를 나타내며, 우측은 2형 부식형태를 보이고 있다.

IV. 총괄 및 고안

아직까지는 법랑질 표면을 처리하지 않은 상태에서 효과적으로 결합하는 치과용 재료는 없는 것으로 알려져 있다. 따라서 교정장치를 법랑질 표면에 접착시키기 위해서는 특별한 처치를 통해 법랑질 표면을 적절한 상태로 만들어 주는 것이 필요하며, 현재 이 목적으로 주로 사용되는 방법은 인산 용액으로 법랑질 표면을 부식시키는 것으로, 법랑질 표면을 산부식시키면 법랑질의 선택적 용해에 의한 표면적과 표면 거칠기의 증가 및 미세공의 형성에 의해 습윤성이 향

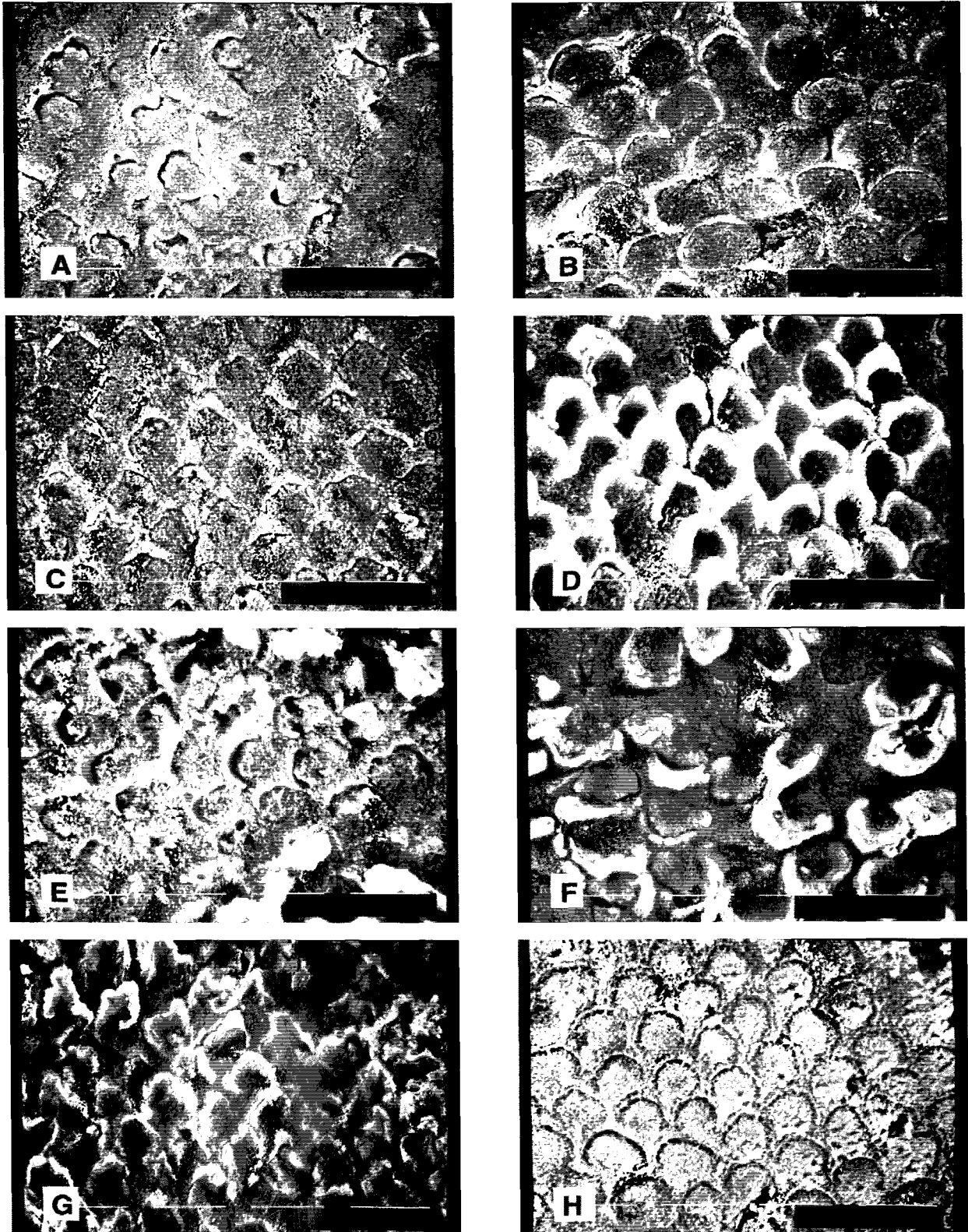


그림 2. 주사전자현미경으로 촬영한 법랑질 표면의 부식형태(×2,000)

A, 5초 부식. B, 10초 부식. C, 15초 부식. D, 30초 부식. E, 45초 부식. F, 60초 부식. G, 90초 부식. H, 120초 부식.

상되어 접착제와 법랑질 사이에 기계적 결합이 형성되는 것으로 알려져 있다.^{7,21,29)}

법랑질 산부식술이 치과계에 도입된 이후로 최적의 부식 조건을 결정하기 위해 수많은 연구들이 행해졌음에도 불구하고, 산부식시간을 15초 이하로 단축시켰을 때 접착강도에 미치는 영향은 최근까지도 논란의 여지가 있다.

본 연구의 15초 부식 시의 전단접착강도는, 교정용 접착 레진의 전단접착강도가 30, 60초 부식 시보다 15초 부식 시에 유의성 있게 낮기 때문에 임상적으로 15초 부식 시에는 교정장치의 탈락이 증가할 수도 있다고 보고한 Legler 등¹⁵⁾과 15초에서 60초 사이에서는 산부식시간이 증가할수록 교정장치의 인장접착강도가 증가하기 때문에 임상적으로 최소한 30초의 부식이 필요하다는 Mardaga와 Shannon¹⁶⁾의 연구 결과와는 상반되지만, 그 외의 다른 연구들^{2,3,5,11,20,26)}과는 일치된 결과를 보이고 있다. 특히 Wang과 Lu²⁸⁾는 법랑질 손실, 접착에 소요되는 치료시간, 습기 오염의 가능성을 감소시키기 위해서 15초 부식을 추천하였다. 또한 Carstensen⁸⁾, Kinch등¹³⁾, Labart등¹⁴⁾, Sadowsky등²²⁾과 Viljoen등²⁷⁾의 임상 연구들도 교정장치의 탈락율은 15초 부식 시에도 30초나 60초 부식 시와 유의성 있는 차이가 없다고 보고하고 있다.

또한 본 연구의 결과는 법랑질을 5초 동안 부식시킨 경우에도 충분한 접착강도를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 교정장치의 접착강도만을 고려한다면 법랑질 표면을 5초 동안 부식시켜도 충분하리라고 사료된다. 이는 법랑질 표면을 각각 5, 15, 60초 동안 부식시킨 후 측정된 레진의 접착강도에는 유의한 차이가 없으며, 산부식시간이 길어지면 조직의 파괴가 증가한다는 Beech와 Jalaly⁵⁾의 결과와 일치한다. 또한 Gilpatrick등¹¹⁾도 법랑질을 5, 10, 15, 60초 동안 부식시킨 후 콤포지트 레진의 접착강도를 비교한 후, 5초 부식 시에도 적절한 접착강도를 얻었다고 보고하였다. 그러나 Olsen등²⁰⁾은 법랑질 표면을 5, 10, 15, 20, 30초 동안 부식시킨 후 도재 브라켓의 전단접착강도를 측정된 결과 5초 부식 시에는 접착강도가 유의성 있게 낮기 때문에 임상적으로는 10초 이상의 부식이 적절하다고 보고 하였다.

임상에서 일반적으로 사용하는 최장 부식시간은 60초인 것으로 알려져 있다. 그러나 이번 연구에서는 90초와 120초 동안 부식하였을 때의 접착강도도 측정하였다. 그 결과는 120초 부식 시에도 접착강도에는 유의성 있는 차이가 없었으며, 이는 법랑질 표면을

30, 60, 120초 동안 부식시킨 후 콤포지트 레진의 인장 접착강도를 측정한 Bates등⁴⁾의 결과와는 일치한다. 그러나 Wang과 Lu²⁸⁾는 15, 30, 60, 90, 120초 동안 부식 후 브라켓의 인장접착강도를 측정하였을 때, 120초 부식군의 접착강도는 유의성 있게 낮다고 보고한 바 있다.

Siomka와 Powers²⁴⁾는 치아에 적절한 처치가 되어 있다면 금속 교정장치는 임상적으로나 실험실에서 접착제/교정장치 경계부에서 탈락된다고 하였으며, Harris등¹²⁾도 금속 브라켓 제거시 가해지는 힘이 브라켓을 변형시키면서 접착제/브라켓 경계부에 파절면이 형성된다고 하였다. 본 연구에서 부식시간에 따른 교정장치의 탈락 양상을 살펴보면, 15초 이하 부식군과 30초 이상 부식군 간에 명확한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 15초 이하 부식군에서는 접착제/법랑질 경계부 탈락이 상대적으로 많았으나, 30초 이상 부식군에서는 접착제/교정장치 경계부 탈락의 비율이 높았다. 이와 같이 차이가 발생한 이유를 정확히 알 수는 없으나 주사전자현미경 소견에서 15초 이하 부식군의 부식형태가 30초 이상 부식군에 비해 초기 단계인 점을 고려해보면, 부식형태의 차이가 접착강도에는 영향을 끼치지 않지만 탈락 양상에는 영향을 끼칠 수도 있다고 생각된다. 또한 소의 법랑질에서 부식시간이 길어짐에 따라 부식깊이가 유의하게 증가하고 상관성도 매우 높았다고 보고한 김등¹⁾의 연구결과를 참고한다면 부식깊이도 탈락 양상에 영향을 끼칠 수 있다고 생각된다. 그러나 이에 대해서는 좀 더 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

부식된 법랑질 표면의 주사전자현미경 소견에 대해 Legler등¹⁵⁾은 연마된 법랑질과 연마되지 않은 법랑질 모두에서 적절한 기계적 유지를 얻을 수 있는 부식소견이 나타나지만, 연마되지 않은 법랑질의 부식형태는 변이가 심하며 연마된 법랑질의 부식형태가 더욱 일정하다고 말한 바 있다. 본 연구에서 관찰한 연마되지 않은 법랑질 표면의 부식형태도 매우 다양하고, 동일한 치아에서도 여러 형태의 부식 소견이 함께 관찰되어 하나의 부식시간에 기존의 문헌들에 언급된 한 종류의 부식 형태를 명확히 규정할 수가 없었는데, 이는 Carstensen⁹⁾과 Diedrich¹⁰⁾의 연구에서 관찰된 것과 유사한 소견이다. 이와 같이 연마되지 않은 법랑질 표면의 부식형태가 다양한 이유는 법랑질 표면 최상층의 인산에 대한 용해도가 치아마다, 그리고 동일 치아에서는 국소적으로 서로 다르기 때문에 나타난 결과라고 생각되는데, 이와 같은 법랑질 표

면의 용해도 차이는 법랑소주와 결정의 방향, 결정의 화학적 반응성, 법랑소주 내의 무기질 함량 및 유기질/무기질 조성의 국소적 차이에 기인하는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾. 또한 다른 연구들^{3,15)}에서 언급된 연마된 법랑질의 일정한 부식형태는 연마 과정에서 법랑질 최상층이 제거되면서 보다 균일한 용해도를 가지는 법랑질이 노출되면서 나타나는 현상이라고 생각해 볼 수도 있을 것이다. 그러나 이 점에 대해서도 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

Diedrich¹⁰⁾는 부식시간이 증가함에 따라 법랑질의 부식형태는 일련의 과정을 거치면서 발달한다고 하였다. 즉, 처음에는 법랑소주가 미세열구(microcleft)에 의해 주변과 분리되며 동시에 법랑질의 결정구조가 명확해지면서 미세공(microporosity)을 가지는 파립의 형태를 나타내며(그림 2-B,C), 부식이 더 진행되면 법랑소주의 중심부에서 치질의 손실이 발생하여 전형적인 벌집(honeycomb) 형태의 소견을 보인다(그림 2-D). 또한 Diedrich¹⁰⁾는 흔히 조약돌(cobblestone) 형태라고 알려진 2형 부식형태(그림 2-G의 우측)는 부식이 더욱 진행되어 법랑소주의 주변이 떨어져 나가면서 나타나는 것으로 진전된 부식형태라고 하였다.

한편 이번 연구에서 법랑질 표면의 부식형태는 매우 다양함에도 불구하고 교정장치의 접착강도는 유의한 차이가 없는 점으로 미루어 볼 때, 법랑질 부식형태만으로 접착강도를 평가하고 해석하는 것은 적절하지 않다고 여겨진다.

V. 결 론

1. 산부식시간을 5-120초 범위에서 변화시켜도 교정장치의 전단접착강도는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 없었다($p < 0.05$).
2. 산부식시간에 따른 교정장치의 탈락 양상은 15초 이하 부식군(5, 10, 15초)과 30초 이상 부식군(30, 45, 60, 60, 120초) 사이에 차이가 있었다. 즉, 15초 이하 부식군에서는 접착제/법랑질 경계부 탈락이 상대적으로 많았으나, 30초 이상 부식군에서는 접착제/교정장치 경계부 탈락이 많았다.
3. 법랑질 표면의 부식형태는 매우 다양하였으며 동일한 법랑질 표면에서도 여러 가지 형태의 부식 소견이 관찰되었다. 또한 법랑질 부식형태와 교정장치의 접착강도 사이에 연관성을 발견할 수 없었다.
4. 본 연구의 결과는 실험적 조건에서는 부식시간을

5초로 단축하여도 임상적으로 유용한 접착강도를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 그러나, 15초 이하 부식군에서 나타난 탈락 양상에 대해서는 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

1. 김정훈, 이기수, 박영국. 부식시간이 소의 법랑질 부식깊이와 교정용 레진의 전단결합강도에 미치는 영향. 대치교정지 1993;23:75-88.
2. Barkmeier WW, Gwinnett AJ, Shaffer SE. Effects of enamel etching time on bond strength and morphology. J Clin Orthod 1985;19:36-8.
3. Barkmeier WW, Shaffer SE, Gwinnett AJ. Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. Oper Dent 1986;11:111-6.
4. Bates D, Retief DH, Jamison HC, Denys FR. Effects of acid etch parameters on enamel topography and composite resin-enamel bond strength. Pediatric Dent 1982;4:106-10.
5. Beech DR, Jalaly T. Bonding of polymers to enamel: influence of deposits formed during etching, etching time and period of water immersion. J Dent Res 1980;59:1156-62.
6. Brännström M, Nordenvall KJ. The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of resin restoration: a scanning electron microscopic investigation. J. Dent Res 1977;56:917-23.
7. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel surfaces. J. Dent Res 1955;43:849-53.
8. Carstensen W. Clinical results after direct bonding of brackets using shorter etching times. Am J. Orthod 1986;89:70-2.
9. Carstensen W. The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. Angle Orthod 1992;62:51-8.
10. Diedrich P. Enamel alternation from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. Am J Orthod 1981;79:500-22.
11. Gilpatrick RO, Ross JA, Simonsen RJ. Resin-to-enamel bond strengths with various etching times. Quint Int 1991;22:47-9.
12. Harris AMP, Joseph VP, Rossouw E. Comparison of shear bond strengths of orthodontic resin to ceramic and metal brackets. J Clin Orthod 1990;24:725-8.
13. Kinch AP, Taylor H, Warltier R, Oliver RG, Newcombe RG. A clinical trial comparing the failure rates of directly bonded brackets using etch times of 15 or 60 seconds. Am J Orthod Dentofac Orthop 1988;94:476-83.
14. Labart WA, Barkmeier WW, Taylor MH. Bracket retention after 15-second acid conditioning. J Clin Orthod 1988;22:254-5.
15. Legler LR, Retief DH, Bradley EL, Denys FR, Sadowsky PL.

- Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on the shear bond strength of an orthodontic bonding resin to enamel. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989;96:485-92.
16. Mardaga WJ, Shannon II. Decreasing the depth of etch for direct bonding orthodontics. *J Clin Orthod* 1982;16:130-2.
 17. Miura F, Nakagawa K, Mashuhara E. New direct bonding system for plastic brackets. *Am J Orthod* 1971;59:350-61.
 18. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965;51:901-12.
 19. Nordenvall KJ, Brännström M, Malmgren O. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth: a comparison between 15 and 60 seconds of etching. *Am J Orthod* 1980;78:99-108.
 20. Olsen ME, Bishara SE, Boyer DB, Jakobsen JR. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109:403-9.
 21. Retief DH. The use of 50 per cent phosphoric acid as an etching agent in orthodontics: a rational approach. *Am J Orthod* 1975;68:165-78.
 22. Sadowsky PL, Retief DH, Cox PR, Hernandez-Orsini R, Rape WG, Bradely EI. Effects of etchant concentration and duration on the retention of orthodontic brackets: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990;98:417-21.
 23. Silverstone LM. Fissure sealants: laboratory studies. *Caries res* 1974;8:2-26.
 24. Siomka LV, Powers JM. In vitro bond strength of treated direct-bonding metal bases. *Am J Orthod* 1985;88:133-6.
 25. Stephen KW, Kirkwood M, Main C, Gillespie FC, Camobell D. Retention of a filled fissure sealant using reduced etch time. *Br Dent J* 1982;153:232-3.
 26. Surmont P, Dermont L, Martens L, Moors M. Comparison in shear bond strength of orthodontic brackets between five bonding systems related to different etching times: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;101:414-9.
 27. Viljoen WP, Swanepoel F, Pretorius LM, Du Plessis LS, Smit HJ, De Muelenaere JJGG. Shorter etching times in orthodontic bonding: an in vivo study[abstract]. *J Dent Res* 1988;67:776, No.19.
 28. Wang WN, Lu TC. Bond strength with various etching times on young permanent teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991;100:72-9.
 29. Wickwire NA, Rentz D. Enamel pretreatment: a critical variable in direct bonding systems. *Am J Orthod* 1973;64:499-512.

- ABSTRACT -

EFFECTS OF ACID ETCHING TIMES ON ENAMEL SURFACE MORPHOLOGY AND SHEAR BOND STRENGTH OF ORTHODONTIC ATTACHMENT TO ENAMEL

Dong-Seok Nahm, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Cheong-Hoon Suhr, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Won-Sik Yang, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Young-II Chang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this in vitro study was to evaluate the effects of different acid etching times on the enamel surface morphology, shear bond strength and debonding failure mode of orthodontic attachment.

Ninety six extracted human mandibular premolars were divided into eight groups of twelve teeth. The buccal surfaces were etched with 37% phosphoric acid for 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 and 120 seconds, respectively. Two teeth from each group were used for scanning electron microscope examination. On the etched buccal surfaces of remaining teeth, orthodontic attachments(lingual buttons) were bonded with light cured orthodontic adhesive. Twenty four hours after bonding, a Instron universal testing machine was used to determine shear bond strength of orthodontic attachment to enamel. After debonding, bases of orthodontic attachments and enamel surfaces were examined under stereoscopic microscope to determine failure mode. Statistical analysis of the data was carried out with one way ANOVA and Duncan's multiple range test.

The results were as follows;

1. There was no statistically significant difference in shear bond strengths between the various etching times($p < 0.05$).
2. The failure modes of orthodontic attachments had some differences. In 5, 10 and 15 seconds etching groups, the percentage of adhesive/enamel interface failure was higher than that of adhesive/attachment interface failure. On the contrary, in 30, 45, 60, 90 and 120 seconds etching groups, the results were reversed.
3. The etching patterns of enamel surfaces had a great variation. So, we could not find any correlation between etching pattern and bond strength.
4. The findings in this study indicate that in vitro reduction of the etching time to 5 seconds maintains clinically acceptable bond strength. However, further study is required to determine the cause of failure mode in 5, 10 and 15 seconds groups.

KOREA. J. ORTHOD. 1996 ; 26 : 771-779

※ **Key words** : acid etching time, enamel surface morphology, shear bond strength.