

부식시간이 교정용 레진 전단결합강도에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 소아치과학교실

전임의사 김 선 미

I. 서 론

인산액을 법랑질 표면에 처리하여 레진의 접착조건을 증가시킬 수 있음이 보고¹⁾된 이래 산부식 처리를 이용한 치과용레진은 치과임상의 각 분야에서 광범위하게 이용되고 있다^{2,3)}.

산부식에 의한 법랑질 표면은 불규칙하고, 미세한 공간으로 레진이 침투하여 기계적 결합을 하는데⁴⁾, 치아면과 레진과의 접착력에 영향을 미치는 요소로는 산의 종류와 농도⁵⁻⁷⁾, 산부식 시간⁸⁻¹¹⁾, prismless 층의 유무^{4,12,13)}, 중간 결합제의 사용^{14,15)} 등 여러가지가 있다.

교정용 브라켓의 접착력에 영향을 미치는 인자중의 하나는 부식술로서 접착력은 교정치료 동안에 적용되는 힘에는 저항할 수 있으면서 치료 말기에는 균열, scratch같은 의원성 손상을 피하기 위해 debonding이 쉬워야 한다¹⁶⁾. 또한 레진접착제의 종류도 영향을 미칠 수 있는데 광중합형 레진접착제가 화학중합형 레진접착제보다 결합력이 높다는 보고¹⁷⁾와 함께 상반된 보고^{18,19)}들도 있다.

산부식 시간에 대한 연구들을 보면 Silverstone등⁵⁾은 20-50% 인산농도에서 60초가 가장 이상적이라고 한 반면 Inoue등⁸⁾은 5-120초, Sheen등⁹⁾은 15초와 60초, Garcia와 Gwinnett¹⁰⁾은 30초와 60초의 부식시간이 접착력에 영향을 주지 않는다고 보고하였다. 또한 Wang 과 Lu¹¹⁾는 15초-90초의 부식시간에 따라 결합력의 차이가 없으며 브라켓접착부 파절양상에

도 차이가 없어 Carstensen¹⁶⁾과 Labart등²⁰⁾과 함께 15초의 부식시간이 브라켓접착에 타당하다고 하였는데, 이는 좋은 접착력과 함께 법랑질 소실을 줄이는 측면에서 수분오염을 줄이고 시술시간의 감소를 가져오기 때문이라고 하였다. Gilpatrick등²¹⁾은 결합력이 충분한 최소한의 부식시간을 5초라 주장하였다.

국내에서 김등²²⁾은 부식시간이 120초가되면 전단결합강도는 낮아지며 38% 인산액의 적절한 부식시간은 5-30초로 추정하였다.

이상의 연구에서 기존의 부식시간인 60초보다는 15초-20초의 부식시간이 타당하다고 보고되고 있다.

이에 저자는 부식시간에 따른 브라켓의 전단결합력을 비교하고, 파절양상을 관찰하여 브라켓 부착에 적절한 부식시간에 대한 다소의 의견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

교정치료를 위해 발거 후 생리 식염수에 보관된 치아우식증이 없는 젊은 소구치 40개를 순면의 중앙부가 노출되도록 자가중합레진을 사용하여 레진블록을 제작하고, 금속표면 연마기(Metaserv, Buehler Co. U.S.A.)상에서 240, 600 grit Sic연마지를 사용하여 주수하에 연마하였다. 연마 후 흐르는 물로 세척

하였다.

이 실험에 이용된 교정용 레진접착제는 Mono-Lok 2 bonding system(Rocky Mountain Orthodontics, U.S.A.)으로 no-mix type이며, primer와 adhesive paste로 구성되어 있고 adhesive paste에는 $5\mu\text{m}$ 이하 filler가 68.5% 함유되어 있었다. 법랑질 부식액은 38% 인산이었다. 교정용 금속 브라켓은 하악 전치용 표준형 에스와이즈 브라켓(146-57, Tomy, JAPAN)을 사용하였다.

2. 연구방법

법랑질면이 평활하게 연마된 40개의 레진블록을 10개씩 4군으로 나누어 15초, 30초, 60초, 120초간 38% 인산액으로 각각 부식시키고 30초간 수세 후 고온건조 압축공기로 건조시킨 후 정하중압축시험기를 이용해 1.5kg의 하중에서 브라켓을 접착시키고 여분의 접착레진을 예리한 스케일러로 제거하였다.

1) 레진전단결합강도 측정

37°C, 100% 상대습도에 72시간 보관 후 만능물성시험기(Universal testing machine : Instron 4302, Instron Co, England)를 사용하였다. 레진블록에 포매된 연구용 시편을 전단응력 시험용 jig의 시편holder에 고정시키고, 이것을 X-Y sliding micrometer table에 고정시켜 시편을 loading stylus에 대해 정렬시켰다. Cross-head speed를 0.5mm/min의 속도로 조절하고 치면에 평행하게 브라켓접착부에 하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고하중을 측정 한 후, 브라켓 베이스의 면적으로 나누어 평방센티미터당 하중(kg/cm^2)으로 환산하여 전단결합강도를 구하였다.

2) 파절양상의 관찰

탈락된 브라켓 기저부와 법랑질 표면의 탈락 양상을 주사 전자현미경(JSM 5400 : Jeol Co., Japan)으로 관찰하여, 그 양상을 bracket과 접착제 계면 파절형(bracket-resin interface failure), 법랑질과 접착

제 계면 파절형(enamel-resin interface failure) 및 접착제 내부 파절형(resin itself failure), 법랑질내 파절형(Enamel detachment)으로 분류하였고, 2종류의 탈락 양상이 동시에 관찰된 경우에는 주된 양상을 기록하였다.

3) 통계분석

각각의 실험군에서 전단결합강도의 평균치, 표준편차를 산출하였으며, 부식시간에 따라 전단결합강도 및 파절양상의 차이가 있는 것을 검정하기 위해 ANOVA test를 시행하였고, 유의성 검정은 1% 유의수준에서 판정하였다.

III. 연구성적

1. 전단결합강도

부식시간 15초군의 평균 전단결합강도는 $267.9\text{ kg}/\text{cm}^2$ 이었고, 30초군의 평균 전단결합강도는 $238.4\text{ kg}/\text{cm}^2$, 60초군의 평균 전단결합강도는 $262.4\text{ kg}/\text{cm}^2$, 120초군의 평균 전단결합강도는 $253.1\text{ kg}/\text{cm}^2$ 로 15초군에서 가장 높았으나 각 부식시간에 따른 유의성은 인정되지 않았다($p>0.05$).

2. 파절양상 관찰

15초군에서는 법랑질과 접착제 계면파절이 60%로 가장 많았고, 접착제 내부의 파절은 40%이었고,

Table 1. Shear bond strength of four various etching times

Etching time (seconds)	Bond strength (kg/cm^2)	
	Mean	SD
15	267.9	47.8
30	238.4	56.8
60	262.4	50.5
120	253.1	43.2

Table 2. Percentage of various broken interface distribution of various etching times

Ethching time (seconds)	bracket-resin	resin itself	enamel-resin	enamel detachment	total
15	0	40	60	0	100
30	0	50	50	0	100
60	0	20	60	20	100
120	0	60	30	10	100

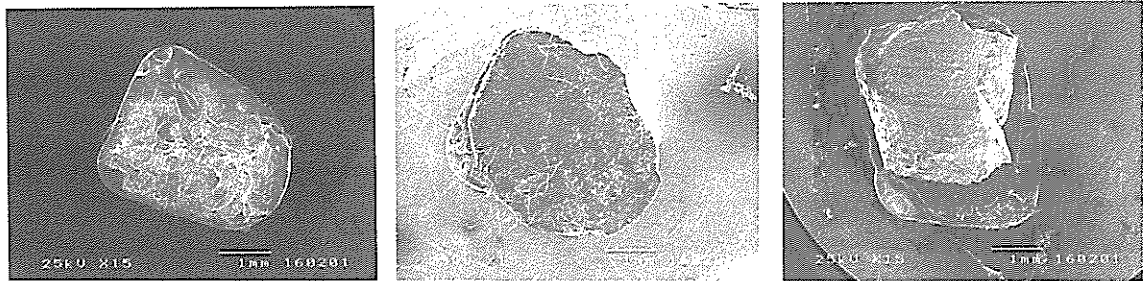


Fig 1. Scanning electron microscopic graph of failed bonded orthodontic bracket A. Resin itself. B. Enamel-resin interface. C. Enamel detachment

30초군에서는 법랑질과 접착제 계면파절이 50%, 접착제 내부의 파절은 50%이었으며 60초군에서는 법랑질과 접착제 계면파절이 60%, 접착제 내부의 파절 및 법랑질 파절이 각각 20%, 120초군에서는 접착제 내부의 파절은 60%, 법랑질과 접착제 계면파절이 30%, 법랑질 파절이 10%로 60초군 이상에서 법랑질 파절이 발견되었다. 그러나 유의성은 인정되지 않았다($P>0.05$).

Fig. 1은 주사 전자현미경으로 관찰된(15배 확대) 탈락된 브라켓 기저부의 형태를 나타내 주고 있다.

III. 총괄 및 고찰

최근 복합레진은 심미적 수복, 예방전색, 교정장치의 부착등 여러분야에 사용되고 있는데 브라켓의 치아에 대한 결합력은 사용되는 레진접착제가 광중합형인가, 화학중합형인가, 불소가 유리되는 접착제인가에 따라, 교정장치가 어느부위에 부착되는가에 따라, 브라켓 접착면의 디자인이 어떤가에 따라 달라

질수 있다.

교정용 브라켓은 탈락을 방지할 수 있으면서 debonding시 법랑질의 소실이 최소한이 될 적절한 결합력을 갖는 것이 이상적이다. 적절한 인산 부식법은 결합력, 법랑질 부식깊이, 부식표면조도나 형태등을 고려해야 하는데^{23,24} 인산 농도가 증가할수록 부식깊이, 법랑질 소실량은 감소하며²³, 부식시간이 증가할수록 부식깊이, 법랑질 소실량은 증가함이 보고되었다²⁵. Pahlavan등²⁶은 영구전치를 대상으로 1분과 2분간 산부식시 부식시간이 길어지면 부식깊이는 증가할지라도 레진침투정도에는 차이가 없었다고 보고하였다.

보통 많이 이용되는 부식시간은 60초인데 30-50% 인산을 적용한 후 법랑질 소실은 1분후가 3-10 μ m, 2분후가 15 μ m로 부식된 법랑질로의 접착제 침투는 80 μ m이며 접착실패가 주로 접착제와 브라켓사이에서 생기는 것으로 보아 법랑질과 접착제가 실제 필요한 것보다 더 강하다는 주장이 있다²⁷⁻²⁹. 브라켓의 탈락요소로 브라켓 부착동안에 수분오염, 브라켓의

선택, 구강내에서 브라켓의 부착기간³⁰⁾, 경화반응동안 방해, 저작력등이 영향을 미치는데 구강기능중 최대 교합력의 평균이 70kg/cm²이므로 60-80kg/cm²를 제안하기도 하였고³¹⁾, 최소로 29kg/cm²을 제안하기도 하였다³²⁾. 본 연구의 결합강도는 255.45 kg/cm² 로 충분한 결합력을 나타내었다.

또한 Inoue등⁸⁾은 5-120초, Sheen등⁹⁾은 15초와 60초, Garcia와 Gwinett¹⁰⁾는 30초와 60초, Wang과 Lu¹¹⁾는 15초-90초의 부식시간에 따라 결합력의 차이가 없다고 보고하였는데 본 연구에서도 15초, 30초, 60초, 120초의 부식시간에 따른 결합강도의 차이가 없었다. 이는 부식시간이 길어짐에 따라 부식깊이와 표면조도가 증가하지만 부식깊이와 표면조도가 전단결합강도에는 영향을 주지 않는다고 한 김등²²⁾의 보고로 설명될 수 있다.

Malferrari등³³⁾과 Inoue등⁸⁾이 보고한 파절부위는 주로 레진내부이며, Wang과 Lu¹¹⁾는 브라켓과 레진 사이가 43-49%, 레진내부에서 12-24%, 레진과 법랑질 사이가 32-40%, 법랑질 파절이 0-4%로 보고하였는데 본 연구에서는 레진내부에서 42.5%, 법랑질과 레진사이에서 50%, 법랑질의 파절이 7.5%로 관찰되었으며, 60초군 이상에서 법랑질 파절이 발견되었는데 이는 Garcia와 Gwinett¹⁰⁾, Sheen등⁹⁾의 보고와 일치하였다.

부식시간이 짧을수록 법랑질 소실의 깊이가 감소하면서 법랑질 파절도 작아지므로 Wang과 Lu¹¹⁾, Carstensen¹⁶⁾, Labart등³⁴⁾은 15초를 주장하였으며 Nordenvall등³⁵⁾은 젊은 사람의 영구치는 60초보다 15초에서 더 접착에 좋은 상태를 보이고 나이든 사람의 영구치는 60초가 더 효과적이라고 보고하였다. Carstensen¹⁶⁾은 교정치료동안 30초 부식시킨 브라켓의 탈락율 1.2%가 Zachrisson³⁶⁾이 60초에서 90초간 부식시켰을때 브라켓의 탈락율 4.9%, Goretlick³⁷⁾이 60초에서 90초간 부식시켰을때 브라켓의 탈락율 10.5%보다 낮았다고 보고하였다. 교정치료를 받는 환자들은 거의 젊은 연령층이고 본 연구에서 사용된 치아들도 젊은 사람의 치아들이어서 결합력의 차이가 없으면서도 법랑질소실이 적으며, 타액의 오염을

줄일수 있도록 가능한 짧은 시간인 15-30초의 부식시간이 적절할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 부식시간이 브라켓의 전단결합강도에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 화학중합형 레진접착제인 Mono-Lok2 bonding system과 38% 인산액을 이용하여 건전한 제 1소구치가 매몰된 레진 블록 상에 15초, 30초, 60초, 120초간 부식시킨후 브라켓을 접착하고 브라켓 전단결합강도를 측정후, 파절양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 부식시간에 따른 전단결합강도의 유의한 차이는 없었다.
2. 브라켓 파절양상은 주로 법랑질과 접착제의 경계부, 레진내부에서 관찰되었으며, 법랑질 파절은 부식시간 60초이상군에서 관찰되었다.
3. 적절한 전단결합강도와 법랑질파절을 최소화하기 위해서는 15-30초간의 부식시간이 적절할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Buonocore, M.G., Wileman, W.R. and Brudevold, F. : A simple method of increasing the adhesion of acrylics to enamel surfaces J. Dent. Res. 33 : 694, 1954.
2. Low, J. and von Fraunhofer, J.A. : The direct use of composite materials in adhesive dentistry, Brit. Dent. J., 141 : 207-213, 1976.
3. Zachrisson, B. U. : Bonding in orthodontics, in Graber, T.M. and Swain, B.F.(ed.) : Orthodontics, current principles and techniques, C.V. Mosby Co. 1985, pp. 485-563.
4. Gwinnett, A.J., and Ripa, L.W. : Penetration of pit and fissure sealants into conditioned human enamel in vivo. Archs. Oral. Biol. 18 : 435-439, 1973.
5. Silverstone, L.M., Saxton, C.A., Dogon, L.L. and Fejerskov, O. : Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by SEM, Caries Res., 9 : 973-987, 1975.

6. Nelson, S.R., Till, M.J., and Hinding, J.H. : Comparison of materials and methods used in acid-etch restorative procedure, *J.A.D.A.*, 89 : 1123-1127, 1974.
7. Rock, W.P. : The effect of etching of human enamel upon bond strengths with fissure sealant resins, *Archs. Oral. Biol.*, 19 : 873-877, 1974.
8. Inoue M., Finger W.J., Mueller M. : Influence of aluminum oxalate solutions acidity and conditioning times on resin bond strength to enamel, *Am. J. Dent.*, 6(5) : 243-247, 1993.
9. Sheen D.H., Wang W.N., Tarng T.H. : Bond strength of younger and older permanent teeth with various etching times. *Angle Orthod.*, 63(3) : 225-30, 1993
10. Garcia-Godoy F., Gwinnett A.J. : Effect of etching times and mechanical pretreatment on the enamel of primary teeth : an SEM study, *Am. J. Dent.*, 4(3) : 115-8, 1991.
11. Wang W.N., Lu T.C. : Bond strength with various etching times on young permanent teeth, *Am. J. Ortho. & Dentofacial Orthopedics.*, 100(1) : 72-9, 1991 Jul.
12. Coniff, J.N., Hamby, G.R. : Preparation of primary tooth enamel for acid conditioning, *J. Dent. Res.*, 43 : 41-43, 1976.
13. Eidelman, E. : The structure of the enamel in primary teeth : Practical applications in restorative techniques, *J. Dent. Child.*, 43 : 36-40, 1976.
14. Smutka, S., Jedrychowski, J., Caputo, A. : An evaluation of primary enamel pretreatments and their effects on resin retention, *J. Dent. Res.*, 57 : 796-799, 1979.
15. Charbenuau, G.T., Dennison, J.B., and Ryge, G. : A filled pit and fissure sealant : 18month results, *J.A.D.A.*, 95 : 299-306, 1977.
16. Carstensen W. : Clinical results after direct bonding of brackets using shorter etching times, *Am. J. Orthod.*, 89 : 70-72, 1986.
17. Wang WN, Meng CL. : A study of bond strength between light - and self-cured orthodontic resin, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 101 : 350-354, 1992
18. King L, Smith RT, Wendt SL, Behrents RG. : Bond strength of lingual orthodontic brackets bonded with light-cured composite resins cured by transillumination, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 91 : 312-315, 1987.
19. Greenlaw R, Way DC. : An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding system, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 96 : 214-220, 1989.
20. Labart W.A., Barkmeier W.W., Taylor M.H. : Bracket retention after 15 second acid conditioning, *J. Clin. Orthod.*, 22 : 224-225, 1988.
21. Gilpatrick R.O., Ross J.A., Simonsen R.J. : Resin-to-enamel bond strengths with various etching times, *Quintessence Int.* 22(1) : 47-9, 1991.
22. 김정훈, 이기수, 박영국 : 부식시간이 소의 법랑질 부식깊이와 교정용 레진의 전단결합강도에 미치는 영향. *대치교정지* 23(1) : 75-88, 1993.
23. Retief, D. H. : The use of 50 percent phosphoric acid as an etching agent in orthodontics ; a rational approach, *Am. J. Orthod.*, 68 : 165-178, 1975.
24. Gottlieb, E. W., Retief, D. H., and Jamisoim, H. C. : An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent ; Part. I. tensile bond strength studies, *J. Prosthet. Dent.*, 48 : 48-51, 1952.
25. Lehler, L. R., Retief, D. H., and Bradley, E. L. : Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch ; an in vitro study, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 98 : 154-160, 1990.
26. Pahlavan, A., Dennison, J.B., and charbeneau, G.T. : Penetration of restorative resins into acid etched human enamel, *J.A.D.A.*, 93(12) : 1170-1176, 1976
27. Brown, C.R.L., Way, D.C. : Enamel loss during orthodontic bonding and subsequent loss during removal of filled and unfilled adhesives. *Am. J. Orthod.*, 74 : 663-671, 1978.
28. Pus, M.D., Way, D.C. : Enamel loss due to Orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. *Am. J. Orthod.*, 77 : 269-283, 1980.
29. Fitzpatrick, D.A., Way, D.C. : The effects of wear, acid etching, and bond removal on human enamel. *Am. J. Orthod.*, 72 : 671-681, 1977.
30. Arthun, J., Bergland, S. : Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am. J. Orthod.*, 85 : 333-340, 1984.
31. Reynolds, J.R. : A review of direct orthodontic bonding. *Br. J. Orthod.*, 2 : 171-8, 1975.
32. Keizer, S., Ten Cate, J.M., Arends, J. : Direct bonding of orthodontic brackets. *Am. J. Orthod.*, 69 : 318-27, 1976
33. Malferrari, s., Finger, W.J., Garcia-Godoy, F. : The effect of etching time with Gluma 2000 conditioning solution on shear bond strength of a composite resin

-
- and on micromorphology of the enamel. *Int. J. Ped. Dent.*, 4 : 217-224, 1994
34. Labart, W.A., Barkmeier, W.W., Taylor, M.H. : Bracket retention after 15 second acid conditioning, *J. Clin. Orthod.*, 2 : 224-5. 1988
35. Nordenvall, K.J., Brannstrom, M., Malmgren, O. : Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth : a comparison between 15 and 60 seconds of etching. *Am. J. Orthd.* 78 : 99-108, 1980
36. Zachrisson, B.U. : A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am. J. Orthod.* 71 : 173-189, 1977
37. Gorelick, L. : Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite : A 12-month assessment. *Am. J. Orthod.* 71 : 542-553, 1977
-

-ABSTRACT-

EFFECTS OF VARIOUS ETCHING TIMES ON SHEAR BOND STRENGTH OF AN ORTHODONTIC RESIN

Seon-Mi Kim

Dept. of Pedodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

The purpose of this study was to evaluate effects of various etching times on shear bond strength of bracket. Sound first premolars were embedded to resin block. Each group of teeth were etched with 38% phosphoric acid solution for 15, 30, 60, 120 seconds respectively. Brackets were bonded to the teeth with chemically cured-resin (Mono-Lok2). After bonding, shear bond strength was tested and enamel surfaces were examed with scanning electron microscope.

The results were as follows :

1. Shear bond strength of each group for the given experimental etching times was not statistically different.
2. The predominant failure sites of bracket were the enamel-resin interface and resin itself. Enamel detachment occurred in group of etching time more than 60 seconds.
3. This experiment indicated that proper etching time is in the range 15 to 30 seconds for proper shear bond strength and minimizing of enamel detachment.