

탈락된 브라켓의 재접착시 치아면과
브라켓 접착면 처리에 따른 재접착
전단강도에 관한 연구

연세대학교 대학원

치의학과

오 수 환

탈락된 브라켓의 재접착시 치아면과
브라켓 접착면 처리에 따른 재접착
전단강도에 관한 연구

지도 황 충 주 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2007년 12월 일

연세대학교 대학원

치의학과

오 수 환

오수환의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

연세대학교 대학원

2007년 12월 일

감사의 글

논문을 마무리 하면서 지난 날들을 되돌아보게 됩니다. 수련시절과 석사 과정은 저에게 벅차고 힘든 날들이었지만 아낌없는 가르침을 주신 여러 교수님들과 함께한 선후배님들이 있어 많은 것을 배우고 깨달은 소중한 시절이었습니다. 인생에 있어 짧은 순간이었지만 앞으로 제가 교정의로서 살아가는데 큰 밑거름이 될 소중한 시기였다고 생각합니다.

논문을 쓰기까지 또한 지금의 제가 있기까지 많은 도움을 주신 분들께 이면을 빌려 감사드립니다.

논문의 처음부터 끝까지 많은 가르침으로 이끌어 주시고 인내와 배려를 해주신 황충주 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 언제나 따뜻한 관심과 미소로 논문 심사를 해주신 김광만 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 그리고 이제껏 교정학을 배우고 익히는 데 많은 가르침을 주신 박영철 교수님, 백형선 교수님, 김경호 교수님, 최광철 교수님께도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

또한 많은 가르침을 주시고 교정의로서 가져야 할 자세를 지도해 주신 전윤식 교수님과 교정의로 이끌어 주신 노준 교수님께 감사를 드립니다.

항상 조언과 격려를 해주신 심형보 선생님, 실험과정과 데이터 정리를 도와주고 조언해 준 이상배 선생님께도 고마운 마음을 전합니다.

마지막으로, 바쁘다는 핑계로 아이들과 많은 시간을 보내지 못해도 언제나 헌신적인 아내 김소희와 아들 세현, 딸 세린에게도 미안한 마음과 함께 사랑을 전하고 싶습니다.

차 례

감사의 글	
그림 및 표 차례	ii
국문 요약	iv
I. 서론	1
II. 연구 재료 및 연구 방법	4
1. 연구 재료	4
2. 연구 방법	4
3. 통계 처리	8
III. 연구 결과	9
IV. 총괄 및 고찰	20
V. 결론	25
참고 문헌	26
영문 요약	29

그림 및 표 차례

Fig. 1. Mean values of shear bond strength under various treatment methods for bracket base when tooth surface treatment method was fixed.

Fig. 2. Mean values of shear bond strength under various treatment methods for tooth surface when bracket treatment method was fixed.

Fig. 3. Scanning electron micrographs of A. debonded bracket base, B. new bracket base, C. bracket base microetched by sandblasting, D. bracket base ground by green stone

Fig. 4. Stereomicrographs of enamel surfaces A. before acid etching, B. after acid etching, C. after debonding, D. after debonding, removal of residual resin and acid etching, E. after debonding and microetching.

Table 1. Experimental groups

Table 2. Shear bond strength of each group

Table 3. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was removing residual resin remnants and acid etching.

Table 4. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was microetching.

Table 5. Mean differences of shear bond strength under treatment

methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was water cleansing and air drying.

Table 6. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface only when treatment method for debonded bracket base was changing with new bracket.

Table 7. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface only when treatment method for debonded bracket base was microetching.

Table 8. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface base only when treatment method for debonded bracket was water grinding with green stone.

Table 9. ARI after test machine debonding

국 문 요 약

탈락된 브라켓의 재접착시 치아면과 브라켓 접착면 처리에 따른 재접착 전단강도에 관한 연구

교정치료시 브라켓의 탈락은 임상에서 흔히 발생하는 일로 이런 경우 치료시간의 단축과 비용 절감을 위해 브라켓의 재생을 고려하게 된다. 이 때 주된 관심은 재생된 브라켓의 기능적 역할에 있는데 특히, 치면에 대하여 적절한 접착강도를 얻을 수 있는가 하는 것이다. 이를 위해 탈락된 브라켓 접착면 처리에 대해서는 선학들에 의해 연구되었으나 브라켓 재생시 치아면 처리에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

본 연구는 탈락된 브라켓의 재생 시 치아면과 브라켓 접착면 처리 방식에 따라 전단접착강도와 탈락 양상이 어떻게 달라지는지를 비교하여 임상에서 탈락된 브라켓의 재접착 시 효과적인 지침을 제시하고자 시행되었다.

소의 온전한 하악 절치 100개를 대상으로 하악 전치부 스탠다드 금속브라켓을 접착한 후, 10개는 대조군으로 설정하고 나머지 90개는 실험군으로 설정하였다. 실험군에서 debonding을 시행하고 치아면 처리 방식과 탈락된 브라켓 접착면 처리 방식을 달리하여 9개의 군(각 군당 10개의 치아를 할당함)으로 나누어 브라켓을 재접착 후 만능시험기를 이용하여 전단접착강도를 측정하였다.

SPSS통계 프로그램을 이용하여 일원분산검정(oneway ANOVA)과 Tukey's HSD test를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 브라켓 접착면만 마이크로에칭(microetching, 이하 '마이크로에칭'이라 함) 처리한다면 치아면 처리 방식에 상관없이 대조군보다 더 많이 증가된 전단접착강

도를 얻을 수 있었다 ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

2. 치면은 마이크로에칭 처리되고 탈락된 브라켓은 새로운 브라켓으로 교체되거나 그린스톤으로 접착면이 연마되어 처리된 경우도 대조군보다 높은 전단접착강도를 얻을 수 있었으나 브라켓 접착면을 마이크로에칭 처리한 경우의 전단접착강도보다는 낮았다 ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

3. 치면도 마이크로에칭 처리하지 않고 브라켓 접착면도 마이크로에칭 처리하지 않은 경우는 전단접착강도가 대조군과 비슷하거나 유의성있게 낮았다 ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

핵심 되는 말 : 탈락된 브라켓, 재접착, 전단접착강도, 브라켓 접착면 처리, 치면 처리, 마이크로에칭

탈락된 브라켓의 재접착시 치아면과 브라켓 접착면 처리에 따른 재접착 전단강도에 관한 연구

연세대학교 대학원 치의학과

(지도교수 황 충 주)

오 수 환

I. 서 론

교정용 접착제의 발달로 인해 교정치료를 위해 대부분의 치아에 교정장치를 부착할 수 있게 되었다. 교정치료시 교정력은 브라켓을 통하여 치아에 전달되기 때문에 치면에 대한 브라켓의 접착강도는 매우 중요한 요소이기 때문에 교정치료 종료 후 브라켓의 효율적인 제거와 치아의 보호를 위해선 적절한 수준의 접착강도가 요구된다.

교정치료를 진행함에 있어서 교합력이나 혹은 의도적인 브라켓 제거 등에 의한

브라켓의 탈락은 임상에서 흔히 발생하는 일이며, 이런 경우 치료시간의 단축과 비용절감을 위해 브라켓의 재생을 고려하게 되는데 이 때 주된 관심사는 재생된 브라켓의 형태와 기능의 보존 그리고 브라켓의 치면에 대한 접착강도이다.

재생된 브라켓을 통해 적절한 접착강도를 얻기 위해서 브라켓 접착면을 어떻게 처리할 것인가는 선학들에 의해 연구되어져 왔다.

브라켓을 재생하는 방법에는 화학용매를 사용하는 방법, 물리적으로 접착제를 제거하는 방법, 열을 이용하는 방법 등이 있다. 또한 브라켓 재생만을 전문적으로 하는 회사들도 있다. 브라켓 재생의 목적은 브라켓 기저부의 유지력을 감소시키지 않으면서 브라켓 접착면에 붙어 있는 접착제를 완전히 제거하는 것이라 할 수 있다. 그러나 다양한 방법을 이용해 재생한 결과에 대해 Buchman (1980), Chapman (1979)와 Creekmore (1979)는 슬롯의 변화를 보고하였고, Buchman (1980)는 부식저항의 감소를, Creekmore (1979)와 Jassem (1981)는 접착강도의 감소를 보고하였으나 재부착된 브라켓의 접착강도는 최소한의 요구강도인 6~8 MPa를 넘는 것으로 보고되었다.

Reynolds (1975)는 평균최대교합력은 70 Kg이며 저작시 브라켓에 전달되는 평균 교합력은 4.5-12 Kg이고 최대교정력(헤드기어 사용 시)은 1.5 Kg이라고 보고하고, 임상적으로 필요한 브라켓의 전단접착강도는 $0.6-0.8 \text{ Kg/mm}^2$ 이라고 하였다.

브라켓을 재부착하기전에 고려해야할 사항으로 법랑질 표면의 재처리 방식, 브라켓 접착면의 처리 방식, 어떤 접착제를 사용할 것인가 등을 들 수 있다. 일부 학자들은 재접착강도가 처음의 접착강도보다 더 낮다고 보고 하였고 또 다른 학자들은 비슷하거나 오히려 재접착강도가 처음의 접착강도보다 크다고 하였다. 이러한 견해의 차이는 연구에 사용된 접착제, 브라켓의 종류, 치면의 재처리 방식, 브라켓 접착면 처리 방법 등의 차이에 기인할 수 있다.

접착 파절이 일어나는 양상은 임상적으로 시사해주는 바가 크다고 할 수 있는

데, 레진-법랑질 계면에서 파절이 주로 나타난다면 치면에 남은 잔여레진이 적어 쉽게 제거할 수 있고, 법랑질 손상이 적어서 임상적인 관점에서는 더 유리할 수 있다. 이런 측면에서 최적의 접착 시스템은 교정치료기간동안 브라켓을 유지시킬 수 있을 정도의 충분한 접착 강도를 제공하고 치료 종료시 브라켓 제거가 빠르고 잔여레진을 쉽게 제거할 수 있어야 한다.

MacColl 등 (1996)은 브라켓의 재생과정이 기본적으로는 브라켓 베이스의 잔여레진을 제거하면서 접착면의 형태를 보존함으로써 유지특성을 보존하는 것이라 언급하였다. 그러나 치면 처리 방식에 대한 연구와 병행되어 브라켓 접착면 처리 방식이 전단접착강도에 어떤 영향을 미치는 지에 대해선 연구가 많지 않은 실정이므로 기존의 연구들은 대부분 브라켓의 재생 방법에 대한 부분을 다루고 있으며, 브라켓 재생시 치면 처리에 대한 연구는 많지 않았다. 치면 처리에 대한 기존의 연구들도 브라켓 재생 방법과 연관되어 전단접착강도에 미치는 영향에 대해서는 다루고 있지 않으므로 탈락된 브라켓의 재접착시 브라켓 접착면의 처리와 치면의 처리가 전단접착강도에 어떠한 영향을 미치는지 연구가 필요한 실정이라 할 수 있다.

이 연구의 목적은 탈락된 브라켓의 재생시 치면의 처리방법과 브라켓의 접착면처리 방법에 따른 접착강도를 연구하여 적절한 접착강도를 얻기 위한 효과적인 임상적 지침을 제시하는 데 있다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 실험에 사용된 치아는 범랑질의 물리적 성질, 조성, 결합강도가 인간의 치아와 유사한 소의 온전한 하악 절치를 사용하였다. 100개의 치아를 발거한 후 디스크를 이용해 치관을 절단 분리하여 세척한 후 생리식염수에 보관한 후 실험에 사용하였다.

브라켓으로는 접착면에 미세그물망(mesh type base)이 납착된 하악 전치부 스테인레스 스틸 브라켓(Micro-arch, Tomy, Japan)을 사용하였다.

교정용 접착제로는 광중합형 레진인 Transbond[®] XT(3M Unitek, USA)를 사용하였다.

2. 연구 방법

가. 연구시편(레진블럭) 제작

소 하악 절치 100개를 발거한 후 다이아몬드 디스크를 이용하여 치관부를 분리한 후 세척하여 실온의 생리식염수에서 24시간 이상 보관하였다. 절단된 치관들을 원주형 몰드(직경 30 mm)에 자가중합형 레진으로 포매하여 순측면이 몰드의 바닥면과 평행하도록 노출하여 레진블럭을 제작하였다. 제작된 레진블럭 내의 치관 순측면을 그린스톤으로 연마하여 브라켓이 부착될 부위에 편평한 범랑질을 형성한 후 생리식염수에 보관하였다.

나. 브라켓의 접착

(1) 불소와 기름이 함유되지 않은 pumice를 사용하여 러버컵으로 15초간 연마한 후 10초간 물로 세척하고 10초간 압축공기로 건조하였다. 모든 치아에 동일한 기계적 세척을 위해 러버컵은 매 5회 시행 후 새 것으로 교체하였다.

(2) 순측면의 브라켓 접착위치를 37% 인산으로 60초간 산부식을 시행한 후 10초간 물로 세척, 20초간 건조하였다.

(3) 준비된 브라켓을 준비된 접착제(Transbond[®] XT, 3M Unitek, USA)를 이용하여 산부식된 법랑질 표면에 접착하였다. 접착시 우선 브라켓을 치면에 약한 힘으로 위치시킨 후 특별히 고안된 기구를 이용해 브라켓 중심부에서 치아면을 향해 수직으로 150 g의 힘을 가하여 레진 접착제의 두께를 일정하게 하였다.

(4) LED light curing machine(Dr's light, Good Doctors, Korea)을 이용하여 1200mW/cm²의 출력으로 30초간 광중합을 시행하였다.

(5) 브라켓 접착이 완료된 시편을 실내에 10분간 방치 후 생리식염수에 24시간 동안 보관하였다.

다. 실험군의 설정

브라켓이 부착된 90개의 시편을 치면 처리 방식과 브라켓 접착면 처리 방식에 따라 9개의 군으로 나누어 각 군당 10개의 치아를 할당하여 실험군을 설정하였다(Table 1).

(1) 치면 재처리 방식은 다음과 같이 시행하였다.

(가) 제1종 : 치면의 잔여 레진을 라운드 버를 이용하여 제거하고 37% 인산을 이용하여 60초간 산부식한 후 물로 세척, 건조한 다음 Transbond[®] XT light cure adhesive primer(3M Unitek, USA)를 도포하고 광중합기를 이용하여 5초간 광중합하였다.

(나) 제2종 : 50 μm 직경의 aluminum oxide를 이용하여 치면에서 5mm 떨어진 위치에서 80 psi의 압력으로 치면을 향해 10초간 마이크로에칭 처리를 시행한 후 Transbond XT light cure adhesive primer(3M, Unitek, USA)를 도포하고 광중합기를 이용하여 5초간 광중합하였다.

(다) 제3종 : 치면을 물로 세척하고 압축공기로 건조시킨 후 Transbond[®] XT light cure adhesive primer(3M, Unitek, USA)를 도포하고 광중합기를 이용하여 5초간 광중합하였다.

(2) 브라켓 접착면 처리방식은 다음과 같이 선정하였다.

(가) 제1종 : 새로운 브라켓으로 교체하였다..

(나) 제2종 : 50 μm 직경의 aluminum oxide를 이용하여 브라켓 접착면에서 5mm 떨어진 위치에서 80 psi의 압력으로 10초간 마이크로에칭 처리하였다.

(다) 제3종 : 그린스톤을 이용하여 브라켓 베이스의 잔여레진을 제거하였다.

Table 1. Experimental groups

Group	Treatment on tooth surface	Treatment on bracket base
G1	Removing residual resin remnants and acid etching	Changing with new bracket
G2	Removing residual resin remnants and acid etching	Microetching
G3	Removing residual resin remnants and acid etching	Grinding with green stone
G4	Microetching	Changing with new bracket
G5	Microetching	Microetching
G6	Microetching	Grinding with green stone
G7	Water cleansing and air drying	Changing with new bracket
G8	Water cleansing and air drying	Microetching
G9	Water cleansing and air drying	Grinding with green stone

라. 대조군 설정

브라켓이 부착된 10개의 시편들을 대조군으로 설정하고 실험 마지막 전단강도 시험 때까지 브라켓들을 치면에 유지하였다. 즉 탈락, 재접착 과정이 행해지지 않았다.

마. 1차 manual debonding 후 재접착 시행

제1군~제9군에서는 부착된 브라켓들을 debonding 기구를 이용하여 1차 debonding을 시행하고 앞에서 기술된 치면 처리 방식과 브라켓 접착면 처리방식에 따라 군별로 재접착(rebonding)을 시행하였다. 37 °C 생리식염수에서 24시간 보관 후 만능시험기를 이용하여 전단접착강도 시험을 행하였다.(2차 debonding)

바. 전단접착강도의 측정

전단접착강도의 측정은 만능시험기(INSTRON3366, INSTRON, Co., U.S.A)를 사용하였다. 만능시험기의 crosshead speed는 1.5 mm/min였으며, 브라켓 접착부에 전단하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고 하중을 측정하였고, 접착면의 단면적으로 나누어 전단접착강도를 MPa로 측정하였다.

사. 접착 파절 형태의 관찰

전단접착강도를 측정하면서 발생된 레진접착제의 파절양상을 확대경으로 확대하여 접착파절 형태를 관찰하였다. 접착파절 양상은 Artun과 Bergland (1984)의 ARI(Adhesive Remnant Index)로 파악하였다.

0점 : 치면에 접착제가 남지 않은 경우

1점 : 치면에 접착제가 반이하로 남은 경우

2점 : 치면에 접착제가 반이상 남은 경우

3점 : 치면에 접착체가 전부 남은 경우(브라켓 접착면의 특징이 인기됨)

아. 치아면과 브라켓 접착면의 미세 구조 관찰

표면처리 전, 후의 치아면과 브라켓 접착부의 미세구조를 주사전자현미경 (H-3200H, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 관찰하였다.

3. 통계처리

SPSS통계 프로그램을 이용하여 브라켓 탈락시 치면처리 방법과 브라켓 접착면 처리방식에 따른 재접착 전단강도의 평균치, 표준편차를 산출하였고 치면처리 방법과 브라켓 접착면 처리방식이 재접착 전단강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일원분산검정(oneway ANOVA)과 Tukey's HSD test를 시행하였다.

III. 연구 결과

1. 전단접착강도

브라켓이 탈락된 경우에 있어서 브라켓 재부착시 해당치아의 치면에 대한 처리 방식과 브라켓 접착면에 대한 처리 방식에 따른 각 군의 전단접착 강도의 최대값, 최소값, 평균값과 표준편차는 Table 2와 같았다.

Table 2. Shear bond strength of each group (unit : MPa)

Group	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
G1	10	16.00	21.00	18.17	1.55
G2	10	27.40	33.50	30.00	2.55
G3	10	19.00	20.50	19.88	0.51
G4	10	21.00	24.30	22.94	1.14
G5	10	25.30	35.50	29.04	3.75
G6	10	22.10	26.80	25.08	1.59
G7	10	18.40	20.60	19.64	0.71
G8	10	29.50	35.80	32.17	20.2
G9	10	16.00	24.10	19.72	2.22
Control	10	18.00	23.90	20.92	1.98

2. 다중 비교

Table 3~5에서는 각각의 치면처리 방법에 대하여 탈락된 브라켓 접착면 처리를 다르게 했을 때 전단접착강도의 평균 차이를 보여주고 있으며 5%수준에서 유의수준을 평가하였다.

Table 6~8에서는 각각의 브라켓 접착면 처리 방법에 대하여 치면 처리를 다르게 했을 때의 전단접착강도의 평균 차이를 보여주고 있으며 5%수준에서 유의수준을 평가하였다.

Table 3. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was removing residual resin remnants and acid etching. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G1	G2	-11.83	*
G1	G3	-1.71	
G2	G3	10.12	*
Control	G1	2.75	*
Control	G2	-9.08	*
Control	G3	1.04	

* : p<0.05

Table 4. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was microetching. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G4	G5	-6.10	*
G4	G6	-2.14	
G5	G6	3.96	*
Control	G4	-2.02	
Control	G5	-8.12	*
Control	G6	-4.16	*

* : p<0.05

Table 5. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for debonded bracket base only when treatment method for tooth surface was water cleansing and air drying. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G7	G8	-12.53	*
G7	G9	-0.80	
G8	G9	12.45	*
Control	G7	1.28	
Control	G8	-11.25	*
Control	G9	1.20	

* : p<0.05

Table 6. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface only when treatment method for debonded bracket base was changing with new bracket. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G1	G4	-4.77	*
G1	G7	-1.47	
G4	G7	3.30	*
Control	G1	2.75	*
Control	G4	-2.02	
Control	G7	1.28	

* : p<0.05

Table 7. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface only when treatment method for debonded bracket base was microetching. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G2	G5	0.96	
G2	G8	-2.17	
G5	G8	-3.13	
Control	G2	-9.08	*
Control	G5	-8.12	*
Control	G8	-11.25	*

* : p<0.05

Table 8. Mean differences of shear bond strength under treatment methods for tooth surface base only when treatment method for debonded bracket was water grinding with green stone. (unit : MPa)

Groups		Mean Difference(A-B)	Sig.
A	B		
G3	G6	-5.20	*
G3	G9	0.16	
G6	G9	5.36	*
Control	G3	1.04	
Control	G6	-4.16	*
Control	G9	1.28	

* : p<0.05

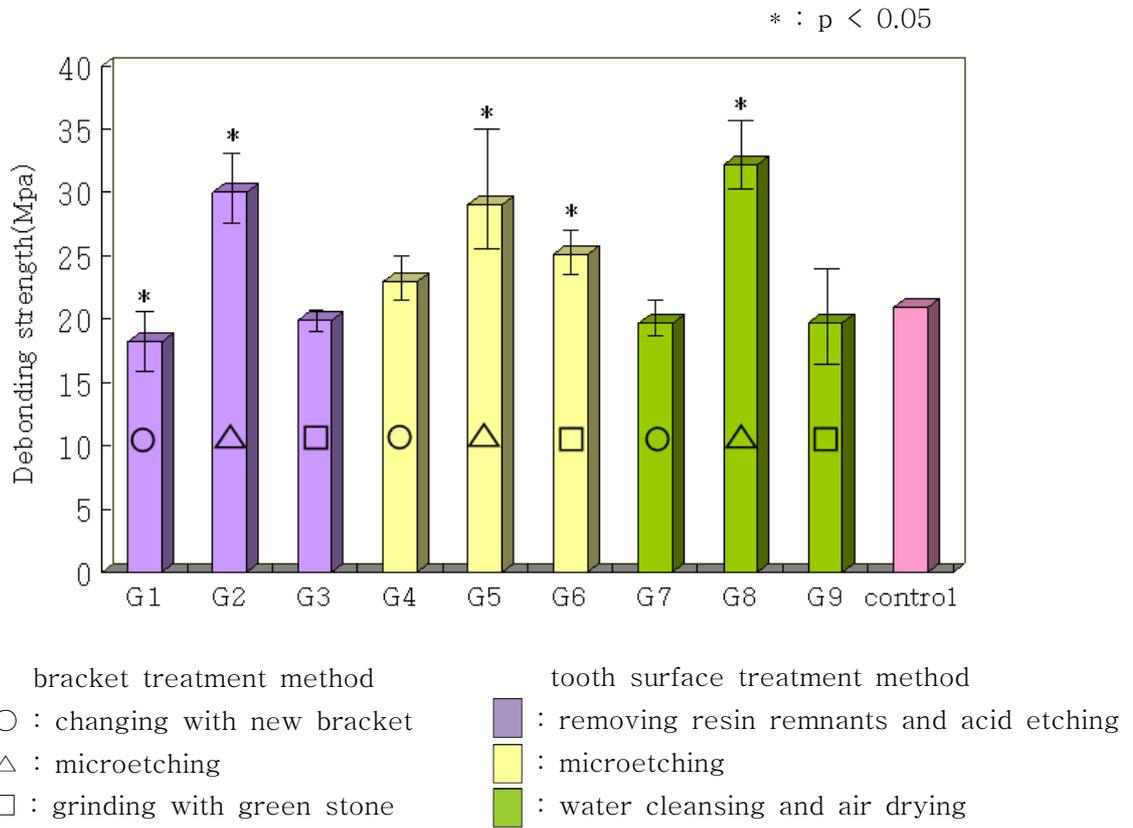
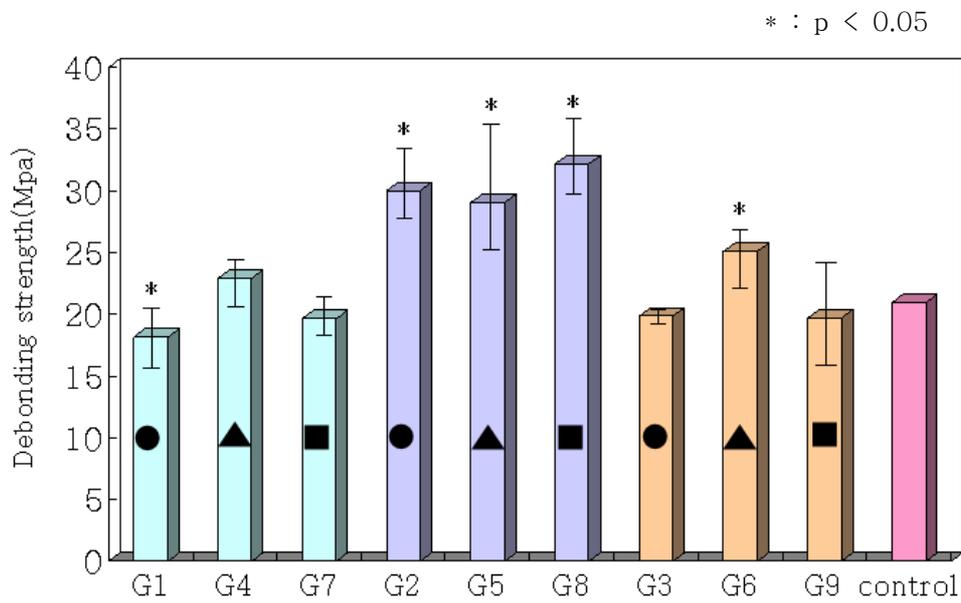


Fig.1 Mean values of shear bond strength under various treatment methods for bracket base when tooth surface treatment method was fixed(unit=MPa).



tooth surface treatment method
 ●: changing with new bracket
 ▲: microetching
 ■: grinding with green stone

bracket base treatment method
 □: changing with new bracket
 □: microetching
 □: grinding with green stone

Fig.2 Mean values of shear bond strength under various treatment methods for tooth surface when bracket treatment method was fixed(unit=MPa).

치면의 잔여레진을 라운드 버로 제거 후 산부식 시행하여 치면 처리하는 경우에 있어서 탈락된 브라켓 접착면 처리방식에 따른 전단접착강도의 평균치들을 비교한 결과 브라켓 접착면을 마이크로에칭 처리한 군의 전단접착강도가 가장 높게 나타났으며 브라켓을 교체한 경우와 브라켓 접착면을 그린스톤으로 연마한 경우 평균치의 차이가 유의성없게 나타났으며 대조군보다 전단접착강도가 적게 나타났다(Table 3, Fig. 1).

치면에 마이크로에칭 처리한 경우에 있어서, 탈락된 브라켓 접착면의 모든 처리 방식에서 대조군보다 높은 전단접착강도를 보였으며 브라켓 접착면을 마이크로에칭 처리한 경우가 가장 높은 전단접착강도를 보였다(Table 4, Fig. 1).

치면을 물로 세척 후 압축공기로 건조하여 치면처리를 한 경우, 브라켓 접착면을 마이크로에칭 처리한 군의 전단접착강도가 가장 높게 나타났고 브라켓을 교체한 경우와 브라켓 접착면을 그린스톤으로 연마한 경우 평균치의 차이가 유의성없게 나타났으며 대조군보다 전단접착강도가 적게 나타났다(Table 5, Fig. 1).

탈락된 브라켓 처리방식을 새로운 브라켓으로 교체하는 것으로 한 경우, 치면을 마이크로에칭 처리한 경우만 대조군보다 높은 전단접착강도를 보였으며 다른 방식으로 치면을 처리한 경우에는 대조군보다 작은 전단접착강도를 보였다(Table 6, Fig. 2).

탈락된 브라켓 접착면을 마이크로에칭 처리로 한 경우, 치면 처리방식 모두에서 대조군보다 높은 전단접착강도를 보였다. 이때 치면처리 방식간의 유의성있는 평균차는 관찰되지 않았다(Table 7, Fig. 2).

탈락된 브라켓 접착면을 그린스톤으로 연마하여 처리한 경우, 치면을 마이크로에칭 처리한 경우만이 대조군보다 높은 전단접착강도를 보였다(Table 8, Fig. 2).

3. 브라켓 접착부의 파절 양상

만능시험기의 debonding test 후 각각의 치면에 남아있는 레진접착제의 파절양상을 ARI로 평가하였으며 그 결과는 Table 9에 나타나 있다.

Table 9. ARI after test machine debonding

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G1	1	1	1	1	0	1	3	2	2	1
G2	2	2	2	3	1	1	1	1	3	2
G3	2	0	0	0	0	0	1	0	3	3
G4	3	0	1	2	1	0	2	1	2	2
G5	1	0	1	1	0	0	2	3	3	0
G6	1	1	1	1	1	3	0	2	1	2
G7	1	3	1	3	2	1	1	1	1	2
G8	1	2	3	3	3	1	2	1	2	1
G9	3	1	0	1	0	1	3	1	3	1
control	1	0	1	0	1	1	1	2	2	1

4. 브라켓의 접착면 구조 관찰

탈락된 브라켓 접착면에 대한 처리 전, 후의 접착면 구조를 알아보기 위해 전자 주사현미경으로 미세구조를 관찰하였다(Fig. 3).

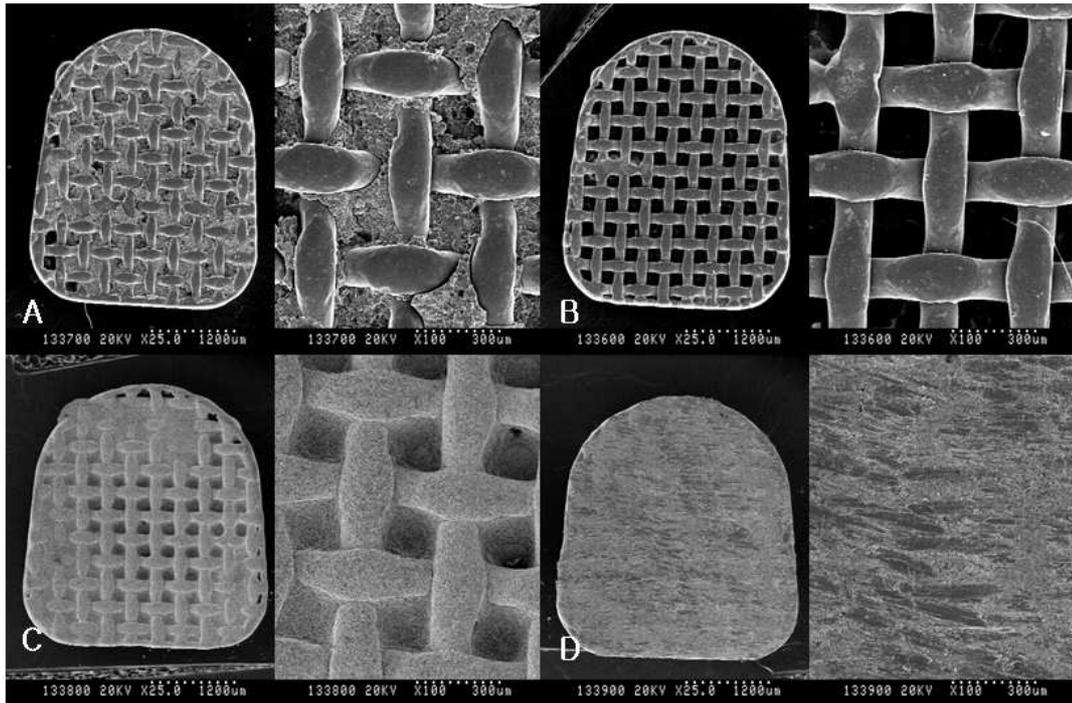


Fig. 3. Scanning electron micrographs of A. debonded bracket base, B. new bracket base, C. bracket base microetched by sandblasting, D. bracket base ground by green stone (left:X25, right:X100).

5. 치아면 구조 관찰

치면에 대한 처리 전, 후의 치면 양상을 확인하기 위해 입체현미경으로 치면구조를 관찰하였다(Fig. 4).

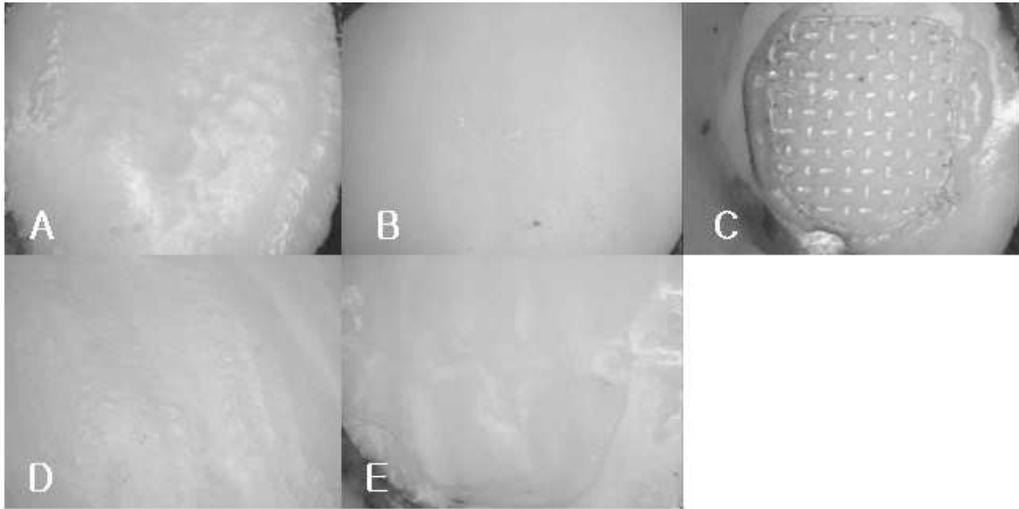


Fig. 4. Stereomicrographs of enamel surfaces A. before acid etching, B. after acid etching, C. after debonding, D. after debonding, removal of residual resin and acid etching, E. after debonding and microetching (magnification X150).

IV. 총괄 및 고안

브라켓의 접착강도에 영향을 미치는 요소는 다양한데 그 중에서 브라켓 접착면의 형태는 중요한 요소인데 Zacchrisson과 Brobakken (1983)는 금속 브라켓의 경우 미세 그물망 형태의 접착면이 다른 형태의 접착면 보다 더 높은 접착강도를 보이며 현재 가장 흔히 사용되고 있다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 미세 그물망 형태의 접착면을 가진 하악 전치부 스탠다드 브라켓이 사용되었으며, 접착제로는 Transbond[®]XT(3M Unitek, USA)가 사용되었는데 이는 가장 임상에서 많이 사용되고 있는 실정을 반영하였기 때문이다.

실험 대상으로서 소의 하악 절치를 사용하였는데 이는 법랑질의 물리적 성질, 조성, 결합강도가 인간의 치아와 유사하다는 점과 동질성을 유지하면서 인간의 치아를 다수 획득하기가 쉽지 않다는 점을 고려하였기 때문이다. Nakamichi 등 (1983)은 접착실험에 있어서 소의 치아가 인간 치아를 대신할 수 있음을 보고하였다.

치아의 법랑질 표면을 편평하게 연마한 후 산부식을 시행하였는데 이렇게 함으로써 Legler 등 (1989)은 연마된 법랑질 표면에서 연마하지 않은 법랑질 표면보다 더 균일한 부식 양상을 얻을 수 있다고 하였다. 또한 법랑질 표면을 균일하게 함으로써 접착제의 두께를 일정하게 할 수 있었으며, 동시에 법랑질 표면의 차이로 인한 접착강도의 오차를 최소화하고자 하였다.

브라켓 부착시 균일한 힘의 적용에 관해 Evans와 Powers (1980)는 교정용 레진의 두께가 접착강도에 미치는 영향을 연구한 결과, 레진의 두께가 증가함에 따라 접착강도의 감소 경향을 보이므로 교정 장치의 최대 접착 강도를 얻기 위해서는 얇으면서도 일정한 접착제의 두께가 추천된다고 하였다. 이렇게 얇고 균일한 접착제 두께를 확보하기 위해 특별히 고안된 장비를 이용하여 브라켓 접착

시 일정한 힘(150 gm)을 가하여 접착제 두께의 균일성을 확보하고자 하였고 브라켓 접착 시 가해지는 힘의 차이가 접착강도에 미치는 영향을 최소화 하여 오차를 줄일 수 있었다.

Buchman (1980), Hixson과 Wiliam (1982)은 브라켓 재생 후 슬롯과 토크의 변화에 대하여 평가한 결과 브라켓 재생 후 슬롯과 토크의 변화는 무시할만하다고 보고 하였다. 즉 교정치료 도중 탈락된 브라켓의 재활용에 있어서 슬롯 등의 구조의 변형보다 더욱 중요한 요소는 브라켓 접착면의 변형으로 인한 유지특성의 감소라고 할 수 있다(Mascia와 Chen, 1982). 따라서 탈락된 브라켓 접착면에 대한 평가와 처리가 브라켓 재생에 있어서 성패에 큰 영향을 미치게 된다.

교정치료 도중 브라켓이 탈락하게 되는 경우 임상에서 대처하는 가장 일반적인 방법들을 이 연구에서 평가하고자 하였는데 기존 문헌상에서 탈락된 브라켓의 재생 및 처리에 관한 연구는 다양하게 확인할 수 있었으나 치아면 처리 방식과 탈락된 브라켓 접착면 처리 방식을 동시에 고려한 연구는 많지 않은 실정인 것에서 이에 대한 실험적 평가와 임상적인 지침을 마련하고자 하였다.

본 연구에서 사용된 치아면 처리 방식과 탈락된 브라켓 접착면 처리 방식은 탈락된 브라켓 접착면에 대한 3가지 처리 방식과 탈락된 치아면에 대한 처리 방식 3가지를 선정하였는데 이는 다수의 교정의들이 가장 흔히 또 가장 빠르고 손쉽게 임상에서 사용하는 방식이었기 때문이었다.

브라켓 재생에 관해서는 본 연구에서 사용된 방법 이외에도 다양한 방법들이 있는데 Wheeler와 Ackerman (1983)는 열을 이용하여 접착제를 태워 없애는 방법과 화학 용매를 이용하여 접착제를 제거하는 방법 등을 보고하였다. 이러한 브라켓 재생 방법들도 치아면 처리 방식과 관련하여 접착강도에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것이다.

대조군과 실험군을 합한 10개의 군중에서 전단접착강도가 높게 나타난 경우는 2,5,8군이었는데 이들 실험군의 공통점은 탈락된 브라켓 접착면을 마이크로 에칭

처리하였다는 것이다. 이는 브라켓 접착면에 micro-irregularity를 부여하여 접착 표면적을 넓게 만듦으로써 기계적인 결합력을 증가시키기 때문이다. 이러한 결과는 Jassem 등 (1981), Mui 등 (1999)의 연구 결과와도 일치하고 있다. 반면에 전단접착강도가 작게 나타난 경우는 1,3,7,9군으로 이 실험군들의 공통점은 치면에도 마이크로에칭 처리를 하지 않았고 탈락된 브라켓 접착면에도 마이크로에칭 처리를 하지 않았다는 점이다. 그 외의 실험군인 4군과 6군은 치면은 마이크로에칭 처리하였고 탈락된 브라켓은 마이크로에칭 처리하지 않은 경우로 대조군보다는 높은 전단접착강도를 보이고 있으나 2,5,8군보다는 낮은 전단접착강도를 보였다.

이를 통해 탈락된 브라켓의 재접착시 전단결합강도를 증가시키기 위해선 탈락된 브라켓의 접착면을 마이크로에칭 처리하는 것이 우선 고려되어야 한다고 할 수 있다. 또한 브라켓 접착면에 마이크로에칭 처리를 하지 않는 경우 치면에 마이크로에칭 처리를 하는 것이 전단접착강도를 증가시키는데 유리하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 탈락된 브라켓의 재접착시 치면처리 방식에 상관없이 탈락된 브라켓의 접착면에 마이크로에칭 처리 한 경우의 전단접착강도가 새로운 브라켓으로 교체한 경우의 전단접착강도보다 높게 나타났는데, 이는 1차 debonding시 과절의 부위가 브라켓과 레진 interface에서 많이 나타난 것과 연관이 있다고 할 수 있다.

1차 debonding후 ARI 평가를 통하여 67.7%에서 1차 ARI가 3으로 나타났는데, 이는 브라켓 접착면과 레진 접착제 사이에서 접착과절이 발생한 경우로, 치면에 잔여 레진접착제가 그대로 남아있음을 의미한다. 즉, 탈락된 브라켓 접착면에 레진이 남아있지 않은 경우가 많았다는 의미이며 브라켓 베이스의 미세철망 구조가 비교적 온전했다고 볼 수 있다. 이런 경우 브라켓 베이스에 마이크로에칭을 시행하였으므로 새로운 브라켓으로 교체한 경우보다 더 높은 전단접착강도를 보

이게 되었다. 전자현미경 사진으로 브라켓 접착부를 확인한 결과 새로운 브라켓 접착면보다 마이크로에칭 처리한 브라켓 접착면에서 더 많은 유지특성을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 이러한 결과는 James 등 (1998)의 연구 결과와도 일치하고 있다.

탈락된 브라켓 접착면의 처리방식에 있어서 그린스톤으로 연마하여 접착면의 레진을 제거한 경우와 탈락된 브라켓을 새로운 브라켓으로 교체하는 경우 접착강도에 미치는 효과는 비슷한 것으로 나타났다. 1차 debonding시 ARI가 3인 경우가 많았는데 이는 탈락된 브라켓의 접착면에 레진이 남아 있지 않은 경우가 많아서 그린스톤으로 연마하지 않아도 되므로 브라켓 접착면의 미세그물망 구조가 온전하여 새로운 브라켓으로 교체한 경우와 크게 다르지 않은 것으로 생각된다.

치아면 처리방식에 있어서 마이크로에칭을 하여 처리하는 것이 재접착강도를 증가시키는 데 유리한 것으로 나타났다. Karen 등 (1997)은 치아면에 산부식과 마이크로에칭을 병행하는 것이 높은 접착강도를 얻을 수 있다고 보고하였다. 라운드 바로 치면 잔여레진을 제거하고 산부식한 경우는 치면을 물로 세척하고 압축공기로 건조한 경우와 재접착강도에 미치는 효과가 비슷한 것으로 나타났는데, 이는 1차 debonding 후 많은 시편에서 치면에 접착레진이 온전하게 남아 있었다는 점과 브라켓 탈락 후 깨끗한 환경에 있다가 재접착이 시행되어 타액이나 음식물 잔사에 의해 치면에 남아있는 잔여 레진이 오염되지 않은 결과로 생각된다.

Diedrich (1981)의 연구에 의하면 산부식과 debonding & polishing 과정을 거치면서 법랑질의 10%가 손실된다고 하였는데, 본 연구의 결과를 임상에 적용한다면 탈락된 브라켓의 재접착시 치아면 처리의 방식 중에서 잔여레진을 제거하고 다시 산부식하는 과정은 추가적으로 법랑질의 손실을 더 증가시킬 수 있으므로 재접착 강도의 확보와 치질 보존의 측면에서 치면에 마이크로에칭 처리방식과 물 세척 후 압축공기 건조 방식을 고려할 필요가 있다.

만약 1차 debonding시 표본에서 우세하게 나타난 ARI가 달랐다면 탈락된 브라켓 접착면에 마이크로에칭을 시행한 군과 새로운 브라켓을 사용한 군의 접착 강도의 연구 결과가 다르게 나타날 수도 있다고 생각되며 이는 치면 처리방식에도 영향을 줄 수 있다고 생각된다. ARI와 재접착강도에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정으로 향후 debonding 시 파절위치에 따라서 브라켓 접착면 처리 방식과 치아면 처리 방식이 재접착 강도에 미치는 영향에 관한 연구가 요구된다고 할 수 있다.

V. 결 론

탈락된 브라켓 접촉면의 처리방식과 치면 처리방식을 다르게 하여 소의 온전한 하악 절치를 대상으로 브라켓을 재접착 후 만능시험기를 이용하여 전단강도를 측정하고 그 측정치들을 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 브라켓 접촉면만 마이크로에칭 처리한다면 치면 처리 방식에 상관없이 대조군보다 더 많이 증가된 전단접착강도를 얻을 수 있었다($p < 0.05$, Tukey's HSD test).
2. 치면만 마이크로에칭 처리 되고 탈락된 브라켓이 교체되거나 그린스톤으로 접촉면이 연마되어 처리된 경우도 대조군보다 높은 전단접착강도를 얻을 수 있으나 브라켓 접촉면을 마이크로에칭 처리한 경우의 전단접착강도보다는 낮았다 ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).
3. 치면과 브라켓접촉면 모두에서 마이크로에칭 처리하지 않은 경우는 대조군과 비슷하거나 약간 낮은 전단접착강도를 보였다($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

결론적으로 임상에서 탈락된 브라켓을 재접착하는 경우 브라켓 접촉면에 대한 마이크로에칭 처리방식이 전단접착강도를 증가시킨다는 것을 알 수 있었다. 치면에 대해서도 마이크로에칭 처리방식이 전단접착강도 증가에 도움이 될 수 있음을 알 수 있었다.

VI. 참고 문헌

Artun J. and Bergland S. : Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etching enamel pretreatment. Am J Orthod Dentofac Orthop 85: 333-40, 1984

Buchman D. J. L. : Effect of recycling on metallic direct bond orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 77: 654-68, 1980

Chapman P. L. : Recycling the orthodontic bonded bracket, M.S. thesis, Indiana University School of Dentistry, 1979

Creekmore T. D. : Creekmore on torque, J Clin Ortho 13: 305-310, 1979

Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding. Am J Orthod 79: 500-22, 1981

Egan F. R., Alexander S. A. and Cartwright G. E. : Bond strength of rebonded orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 109: 64-70, 1996

Evans L. B., and Powers J. M. : Factors affecting in vitro bond strength of no-mix orthodontic bases, Am J Orthod 78: 603-609, 1980

Hixson M. E., William A. B. : Changes in bracket slot tolerance following

recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop 81: 447-54, 1982

James K. Grabouski, Robert N. Staley and Jane R. Jakobsen, The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: An in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 114: 452-60, 1998

Jassem H. A. : Tensile and shear strengths of bonded and rebonded orthodontic attachments, Am J Orthod 79: 661-668, 1981

Jassem H. A., Retief D. H., Jamison H. C. : Tensile and shear strengths of bonded and rebonded orthodontic attachments. Am J Orthod 79: 661-8, 1981

Karen R. Reisner, Harvey L. Levitt and Francis Mante : Enamel preparation for orthodontic bonding : A comparison between the use of a sandblaster and current techniques. Am J Orthod Dentofac Orthop 111: 366-73, 1997

Legler L. R., Retief D. H. : 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 96: 485-92, 1989

MacColl, G.A. Rossouw P.E. , Titley K.C. and Yamin. C : The relationship between bond strength and base surface area using conventional and micro-etched foil-mesh bases. Am J Orthod Dentofac Orthop 113: 276-281,

1996

Mascia V. E., Chen S. R. : Shearing strength of recycled direct bonded brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 82: 211-16, 1982

Mui B., Rossouw P. E. and Kulkarni G. V.: Optimization of a procedure for rebonding dislodged orthodontic brackets. Angle Orthod 69: 276-281, 1999

Nakamichi I., Iwaku M. and Fusayama T. : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res62: 1076-81, 1983

Newman, G. V. : Epoxy adhesives for orthodontics attachments: progress report. Am J Orthod 51: 901-912, 1965

Reynolds I. R. : A review of direct orthodontic bonding. Br J Ortho 2: 171-178, 1975

Wheeler J. J. and Ackerman R. J.: Bond strength of thermally recycled metal brackets, Am J Orthod 83: 181-186, 1983

Zacchrisson, B. U. and Brobakken, B. O. : Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives, Am J Orthod 74: 62-77, 1978

영문 요약

Abstract

A study of shear bond strength under various treatment methods for tooth surface and bracket base in re-bonding procedure with debonded brackets

Soo-Hwan Oh

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Chung-Ju Hwang)

The purpose of this study was to investigate the effect of various treatment methods for tooth surface and bracket base on shear bond strength in rebonding procedure with debonded brackets and to make a clinically useful guide for rebonding procedure. 100 bovine teeth were used as samples and bonded with standard metal brackets. Then 10 teeth were setted as control group and the other 90 teeth were stressed to bond failure with manual debonding appliance and subdivided into 9 experimental groups under treatment methods for tooth surface and debonded bracket base(each experimental group contains 10 bovine teeth). After rebonding procedure, shear bond strengths were measured with Instron machine and statistical analysis were ANOVA and Tukey's HSD test.

The following conclusions were reached:

1. Higher shear bond strength occurred than control group only if bracket bases were treated with microetching ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

2. Higher shear bond strength also occurred than control group when tooth surfaces were treated with microetching but bracket bases were not treated with microetching ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).
3. Similar or lower shear bond strength occurred than control group when tooth surfaces and bracket bases were not treated with microetching ($p < 0.05$, Tukey's HSD test).

The data suggest that rebonding with microetching treatment for tooth surface and bracket base is viable option when a bracket has been debonded.