

아말감 충전물의 크기와 표면 처리방법에 따른 교정용 브라켓의 전단접착강도에 대한 연구

김 현 희¹⁾ · 차 경 석²⁾ · 이 진 우³⁾

상, 하악 구치의 협면은 아말감으로 수복되어 있는 경우가 많으며, 접착 술식과 재료의 발달로 아말감에 교정용 브라켓의 직접 접착 술식이 가능하게 되었다. 그러나 아말감은 치아 협면의 일부분만을 차지하는 경우가 많아 주변의 법랑질에서도 접착력을 얻을 수 있으므로, 임상적으로 통상의 교정용 레진을 사용하여 직접 접착 술식을 시행하고 있다. 그러나 아말감 충전물이 있는 치면에 대한 교정용 레진의 직접 접착 술식의 접착강도에 대한 연구가 없는 실정으로서 이에 본 실험을 시행하였다.

상, 하악 소구치를 포매하여 지름 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm의 아말감 충전물을 형성한 후 sandblasting 시행군과 비시행군으로 나누었다. no-mix type의 교정용 레진인 Ortho-one을 사용하여 브라켓을 접착한 후 전단결합강도를 측정하고 접착 파절 형태를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 아말감 크기에 따른 비교 시 아말감 크기 1.5mm군의 전단 강도가 다른 군들에 비해 유의성 있게 높았고, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm군간에는 전단 강도의 차이가 없었다. ($p < 0.05$)
2. Sandblasting 시행여부에 따른 전단결합강도의 차이는 없었다. ($p < 0.05$)
3. 각 군간의 비교시 아말감 충전물의 면적이 브라켓 기저부 면적의 약 61%를 차지하는 G군, H군의 전단결합강도는 대조군의 50-60% 수준으로 급격히 감소하였다. ($p < 0.05$)
4. 브라켓 접착 파절 형태의 관찰 시 sandblasting을 시행하지 않은 군에 비해 sandblasting 시행군의 mARI score가 유의성 있게 높았다. ($p < 0.05$)

이상의 실험결과는 아말감 충전물의 크기가 브라켓 기저부 면적의 약 50%이하일 때 sandblasting 시행여부에 관계 없이 통상적인 교정용 레진을 사용하여 직접 접착 술식을 시행하여도 임상적으로 적절한 전단강도를 얻을 수 있음을 시사하였다.

(주요단어 : 아말감 충전물, 전단접착강도)

¹⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 석사.

²⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

³⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 조교수.

교신저자: 김현희

충남 천안시 신부동 산 7-1

단국대학교 치과대학 교정학교실 / 042-550-1941-2

hyunortho@hanmail.net

I. 서 론

과거에는 교정치료를 위해 전대환장치를 사용하였으나 1955년 Buonocore¹⁾가 최초로 산부식술을 소개한 후, Newman²⁾이 에폭시 레진을 이용하여 교정 장치의 직접 접착 술식을 시행하고, Bowen³⁾이 Bis-

GMA 레진을 개발하였으며, 교정 영역에서는 Miura, Nakagawa, Mashara⁴⁾에 의해 브라켓을 직접 접착하는 방법이 본격적으로 실용화되었다. 교정 치료를 할 때 밴드를 이용하는 것보다 브라켓을 치면에 직접 접착하는 술식은 치주조직의 손상이 적으며, 밴드 두께에 의한 치열궁 길이의 감소가 없고, 구강 위생이 증진되며, 장치 장착 시 환자의 불편감이 적어⁵⁻¹⁰⁾ 교정식 교정치료의 일반적인 술식이 되었다.

또한 최근 성인 교정의 수요가 증가하면서 자연치면이 아닌 도재, 금합금, 비귀금속합금에 브라켓을 직접 접착하는 술식에 대한 다양한 연구⁶⁻¹³⁾가 진행되고 있다.

아말감은 지난 150여 년 동안 치과재료로 사용되어 왔으며 아직도 성인 뿐 아니라 어린이의 치열에 있어서도 흔히 볼 수 있는 수복물이다. 1993년 Zachrisson, Buyukyilmaz¹⁰⁾는 아말감에 브라켓 직접 접착 술식을 시행할 때 사용할 수 있는 재료와 방법들을 재정리하였다. 첫 번째는 금속에 화학적으로 결합하는 metal bonding adhesive를 사용하는 방법으로 A-malgam bond, Panavia EX 등의 재료를 들 수 있고 두 번째는 통상의 교정용 레진과 같이 All-bond 2나, Scotchbond MP같은 intermediate resin을 사용하여 접착 강도를 증가시키는 방법이다. 마지막 세 번째 방법은 아말감 표면을 sandblasting하여 접착 면적을 증가시켜 접착강도를 증가시키는 방법이다. Newman 등¹⁴⁾은 sandblasting은 불필요한 oxide와 오염물질을 제거하며, 표면 거칠기를 증가시켜 접착 면적을 증가시킨다고 하였다.

아말감 표면적을 증가시키기 위한 기계적 처리 방법으로 sandblasting 이외에도 다이아몬드 스톤⁹⁾, air polisher¹⁵⁾, air abrasion¹²⁾을 이용 할 수도 있고 1997년 Gross, Foley, Mamandras⁸⁾의 연구에서처럼 adlloy를 사용하여 아말감 표면을 변형시킬 수도 있다. 그러나 adlloy의 구강 내 사용은 현재까지는 FDA의 승인을 받지 못하였다.

최근에 발표된 대부분의 논문에서 아말감에 직접 접착 술식을 시행할 때 아말감 시편을 판상으로 제작하여 접착강도를 측정하고 있다.^{9,16)} 그러나 아말감은 다른 수복물이나 보철물과는 다르게 치면 전체를 점유하는 것이 아니라 구치부의 협측 소와에서 때로는 협측 치면의 넓은 범위까지 그 수복 형태가 다양하여 아말감 수복물 주위의 치질에 의한 접착 강도의 증가를 기대할 수 있다.

1993년 Zachrisson, Buyukyilmaz¹⁰⁾은 23명의 환자

에서 협측에 아말감 충전물이 있는 제일, 이 대구치 31개에 sandblasting 후 통상의 교정용 레진으로 브라켓을 접착하였을 때 1년 후 탈락율이 단지 3%였다고 보고하였다. 또 다른 연구에서는 sandblasting한 아말감에 Concise로 브라켓을 직접 접착하였을 때 평균 인장 강도는 5.0MPa이었으며, 대부분의 경우에 아말감 수복물을 sandblasting하고 주위의 법랑질을 부식하면 Concise와 같은 통상적인 레진을 사용하여도 적절한 접착강도를 얻을 수 있다⁹⁾고 하였다.

이에 본 연구에서는 아말감 충전물이 있는 치아에 통상의 교정용 레진으로 직접 접착 술식을 하였을 때 아말감 충전물의 크기와, sandblasting 시행여부에 따른 전단 강도의 차이와, 브라켓 탈락 양상의 차이를 알아보고자 하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

교정치료를 위해 발거된 상, 하악 소구치 중 치관 협면에 균열이 없고, 치아 우식증이 없으며 형태 이상이 없는 건전한 치면을 가진 치아 90개를 선택하였다. 실험 치아는 치아에 묻어 있는 혈액, 타액 등의 이물질을 흐르는 물에 깨끗이 씻은 후 증류수에 담가 4°C의 냉장고에 보관하였다.

전단 결합 강도 측정 장치에 치관을 정확한 위치에 고정하고, 실험 중 치관의 취급을 용이하게 하기 위해 Coreil 등¹⁷⁾의 방법을 응용하여 치아를 매몰하기 위한 직경 15mm, 높이 15mm의 원통형 레진 블럭을 제작하였다. 몰드에 치아를 고정하기 쉽도록 다이아몬드 디스크로 치근을 절단 제거하고 치수를 제거하였다. 치관의 facial axis에 브라켓을 접착하였을 때 브라켓의 협측면이 전단강도 측정 장치의 힘의 방향과 평행하도록 위치시켜 치아의 협면이 노출되도록 교정용 레진(Orthodontic resin, Caulk Dentsply)을 이용하여 치아를 매몰하였다.

Sandblasting은 Microetcher II (Danville Engineering Inc., U.S.A.)로 아말감 표면에서 약 10mm 떨어져서 4-5초간 시행하였다.

브라켓 접착제는 no-mix type의 교정용 레진 접착제인 Ortho-One(Bisco Inc., U.S.A.)을 사용하였다.

전단 결합 강도 측정에 사용된 금속 브라켓은 foil-mesh type의 중간 크기의 소구치용 스탠다드 에지와이즈 브라켓(Ortho Organiser, U.S.A.)을 이용하였다.

2. 연구 방법

(1) 아말감 충전물 형성

치관의 중앙을 원의 중점으로 하는 직경 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm의 원모양의 template를 사용하여 각 치아에 그린 후 330 bur를 사용하여 깊이 1.5mm의 와동을 형성하였다. 치아를 건조시키고 lathe-cut type인 Standalloy F(Degussa, Germany)를 충전하고 수동기구로 burnishing하였다. 24시간동안 경화되도록 한 후 브라운 러버 포인트와 그린 러버 포인트로 polishing하였다.

(2) 실험군의 분류

총 80개의 치아를 각 군 당 10개씩 8군으로 나누어 다음과 같이 분류하였다.

- A군 : 직경 1.5mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행하지 않음.
- B군 : 직경 1.5mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행함.
- C군 : 직경 2.0mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행하지 않음.
- D군 : 직경 2.0mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행함.
- E군 : 직경 2.5mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행하지 않음.
- F군 : 직경 2.5mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행함.
- G군 : 직경 3.0mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행하지 않음.
- H군 : 직경 3.0mm의 아말감 충전물을 형성하고 sandblasting을 시행함.

아말감 충전물은 모두 실험에 사용된 소구치용 브라켓보다 작은 크기로 형성하여 브라켓을 직접 접착하였을 때 동시에 치면에도 접착될 수 있도록 하였으며 아말감 충전물의 크기에 따른 브라켓 기저부 면적에 대한 비율은 Table 1과 같았다.

전단 결합 강도의 비교를 위해 아말감 충전물이 없는 건전한 치면을 갖는 치아 10개를 대조군으로 설정하였다.

(3) 표면 처리 및 중합의 방법

브라켓의 부착을 위해 모든 실험군과 대조군의 치

Table 1. Classification of experimental group

	n	Amalgam size	Surface treatment
A	10	Am 1.5 (15.29%)*	no sandblasting
B	10	Am 1.5 (15.29%)*	sandblasting
C	10	Am 2.0 (27.18%)*	no sandblasting
D	10	Am 2.0 (27.18%)*	sandblasting
E	10	Am 2.5 (42.45%)*	no sandblasting
F	10	Am 2.5 (42.45%)*	sandblasting
G	10	Am 3.0 (61.15%)*	no sandblasting
H	10	Am 3.0 (61.15%)*	sandblasting

* : amalgam size / bracket base size × 100(%)

아 표면을 불소와 기름이 포함되지 않은 퍼미스로 러버컵을 사용하여 20초간 연마한 후 온풍 건조기(Clean warmer, Sejin, Korea)로 건조하였다. A군, C군, E군, G군과 대조군은 제조 회사의 지시에 따라 37% 인산용액으로 30초간 치면을 부식시켰으며, 부식된 표면을 흐르는 물로 충분히 씻어내고 건조하였다. B군, D군, F군, H군은 Microetcher II (Danville Engineering Inc., U.S.A.)를 이용하여 아말감 표면에서 약 10mm 떨어져서 50µm의 aluminum oxide, 75kg/cm²의 공기압으로 아말감 전면에 균일하게 4-5초간 sandblasting을 시행하고 흐르는 물에 충분히 씻고 건조한 후 A, C, E, G, 대조군과 같은 방법으로 치면을 부식, 수세, 건조하였다.

모든 실험군과 대조군의 부식된 치면과 브라켓 기저부에 primer를 얇게 도포한 후 Ortho-one(Bisco Inc., U.S.A.) 접착제를 브라켓 기저부에 적용하여 브라켓을 치면의 정확한 곳에 위치시키고 3분간 500g의 하중을 가하였다. 중합이 일어나기 전에 익스플로러로 여분의 레진을 제거하였다. 브라켓을 접착시킨 시편은 공기 중에 10분간 방치한 후 증류수에 담가 37°C의 항온기에 전단강도를 측정하기까지 24시간 보관하였다.

(4) 전단 결합 강도의 측정(Fig 1, 2)

구강내의 접착된 브라켓은 shear/peel strength, tensile strength, torsional strength와 이 힘들의 복합된 힘이 적용되게 되는데 본 실험에서는 shear str

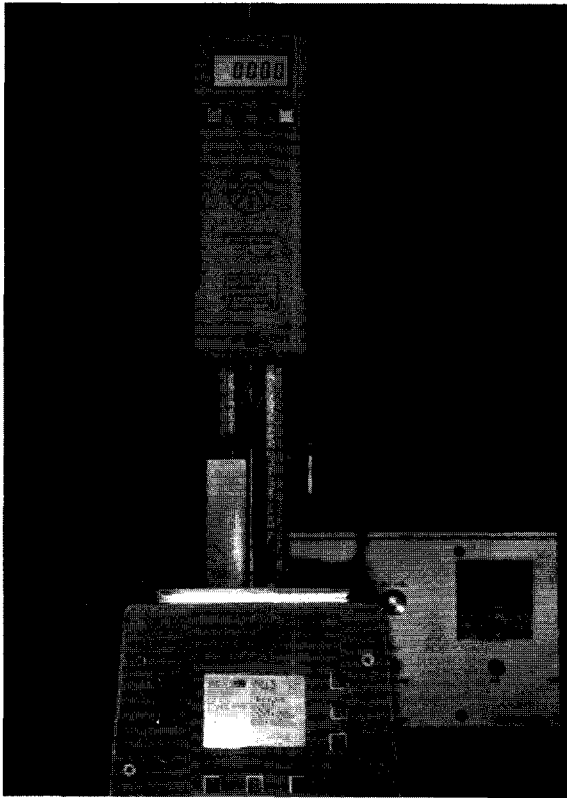


Figure 1. Bond-breakage apparatus mounted on universal Instron testing machine

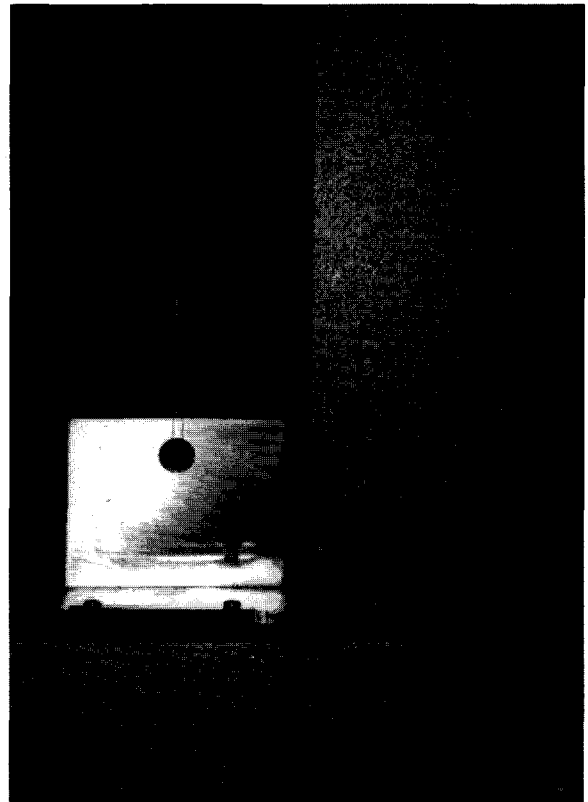


Figure 2. Prepared tooth specimen mounted on bond-breakage apparatus

length에 대해서만 측정하였다. 전단 결합 강도의 측정은 만능시험기(M1000EC : Mecmesin Inc., England)를 사용하였다. 만능 시험기의 상단에는 브라켓을 잡아당기기 위해, 017×025" Elgiloy를 구부린 후 열처리하여 교정용 레진으로 부착시킨 아크릴 판이 부착되었고 하단에는 브라켓의 협측면이 전단강도 측정 장치의 힘의 방향과 평행하도록 시편을 넣어 고정할 수 있도록 고안한 holder가 위치되었다. 하단 holder에 시편을 고정하고 cross head speed를 6mm/min의 속도로 전단하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고 하중을 측정하였다. 이 측정치를 브라켓 기저부의 접착면 면적으로 나누어 N/mm²(MPa)로 전단결합강도를 구하였다. 소구치용 스탠다드 에지와이즈 브라켓의 면적은 11.56mm²였다.

(5) 주사전자 현미경 관찰

polishing된 아말감 표면과 sandblasting 후의 아말감 표면을 관찰하기 위해 각각 한 개씩의 시편을 별도로 제작하여 gold coating을 한 후 25Kv의 주사전

자현미경(JSM 5200 : Jeol Co, Japan)으로 관찰하였다. 또한 탈락 후에 sandblasting 시행군과 비시행군에서 한 개씩의 시편을 선택하여 브라켓 기저부를 관찰하였다.

(6) 접착 파절 형태의 관찰

전단 결합 강도를 측정하면서 일어난 아말감 충전물 부분에서의 레진 접착제의 파절 형태를 관찰하였다. 접착 파절 형태는 Artun과 Bergland¹⁸⁾의 접착제 잔류지수(Adhesive remnant Index)를 변형하여 다음과 같이 표현하였다.

- 0점 : 아말감에 접착제가 남지 않은 경우
- 1점 : 아말감에 접착제가 반 이하로 남은 경우
- 2점 : 아말감에 접착제가 반 이상 남은 경우
- 3점 : 아말감에 모든 접착제가 남은 경우

(7) 통계분석

Window용 SPSS program을 이용하여 각각의 실

Table 2. Shear bond strength of each group

	Mean(MPa)	S.D.	DMT*
Control	10.49	2.53	c
A	9.10	2.66	b, c
B	8.98	2.30	b, c
C	7.14	2.49	a, b
D	7.35	2.46	a, b
E	7.54	2.30	a, b
F	7.62	2.00	a, b
G	5.58	1.01	a
H	6.42	2.11	a

The same letter indicate non-significant difference between groups based on Duncan's multiple range test* (P<0.05)

Table 3. Result of one-way ANOVA test comparing amalgam size

Source	Sum of square	Mean square	F ratio	F prob.
Between groups	93.752	31.251	6.625	.000*
Within groups	358.489	4.717		
Total	452.241			

* : significantly different at p<0.05

Table 4. Shear bond strength of orthodontic bracket according to amalgam size

	Mean(MPa)	S.D.	DMT*
Am size 1.5	9.04	2.42	c
Am size 2.5	7.58	2.10	b
Am size 2.0	7.25	2.41	a,b
Am size 3.0	6.00	1.67	a

* : significantly different at p<0.05

험군과 대조군에서 전단결합강도의 평균치, 표준편차를 산출하였다. 전단 결합 강도의 유의차를 검정하기 위해 두 군의 비교에는 independent T-test를 시행하였으며, 세 군 이상의 비교에는 일원분산분석을 시행하고 Duncan's multiple range test로 사후검정 하였다. 유의차 검정은 5% 유의수준에서 판정하였다.

III. 연구성적

1. 각 군간의 전단강도의 비교(Table 2, Figure 7)

실험군의 평균전단결합강도는 약 6~9MPa이었으며 A군, B군, F군, E군, D군, C군, H군, G군의 순서로 감

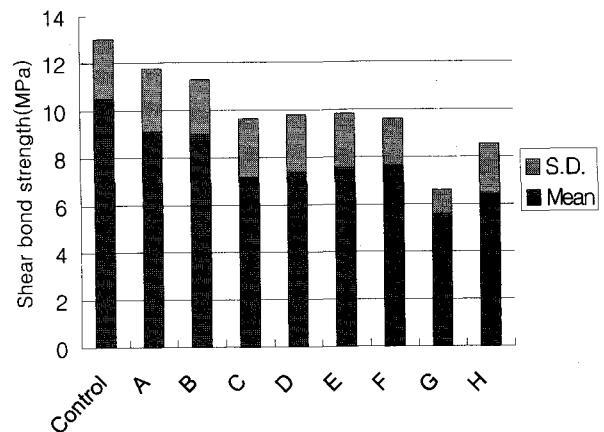


Figure 7. Histogram of shear bond strength of each group

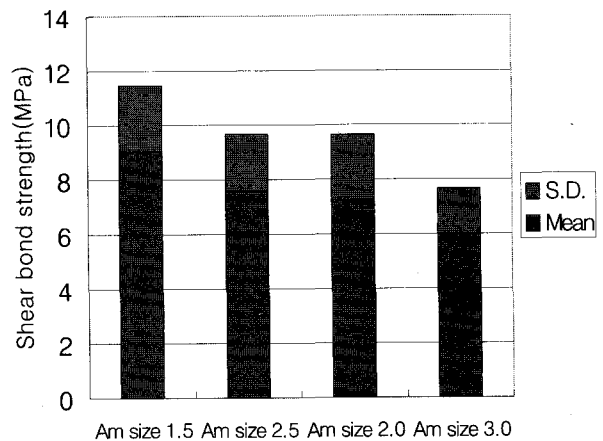


Figure 8. Histogram of shear bond strength of orthodontic bracket according to amalgam size

소하였다. 실험군의 전단강도는 모두 대조군의 평균 전단결합강도보다 낮은 값을 보였으나, 대조군과 A, B군, A, B군과, C, D, E, F군, C, D, E, F군과 G, H군 간에 평균전단결합강도에는 차이가 없었다. (p<0.05)

2. 아말감 크기에 따른 전단강도의 비교(Table 3, 4, Figure 8)

아말감 크기에 따른 전단결합강도를 비교하였을 때 아말감 크기 1.5mm군, 2.5mm군, 2.0mm군, 3.0mm군의 순으로 감소하였으며 2.5mm군과 2.0mm군, 2.0mm군과 3.0mm군간에 통계적 유의차는 없었다. (p<0.05)

Table 5. Comparison of shear bond strength of orthodontic bracket according to surface treatment

	Sandblasting		P value
	No	Yes	
Am size 1.5	9.10±2.66	8.98±2.30	NS*
Am size 2.0	7.14±2.49	7.35±2.46	NS*
Am size 2.5	7.54±2.30	7.62±2.00	NS*
Am size 3.0	5.58±1.01	6.42±2.11	NS*

NS* : no significant

Table 7. Incidence of mARI according to surface treatment

	mARI				P value
	0	1	2	3	
Sandblasting	25 (62.5%)	6 (15%)	3 (7.5%)	6 (15%)	0.000 *
No sandblasting	40 (100%)	-	-	-	

* : significantly different at p<0.05

3. 표면처리 방법에 따른 전단강도의 비교(Table 5)

아말감 크기가 동일할 때 sandblasting을 시행한 군과 시행하지 않은 군의 비교 시 평균 전단 접착 강도는 유의차가 없었다. (p<0.05)

4. 브라켓 접착 파절 형태에 따른 비교(Table 6, 7,8)

브라켓 접착 파절 형태를 접착제 잔류 지수(modified ARI)로 표시하였을 때 sandblasting을 시행하지 않은 군에서는 모두 아말감과 레진 계면에서의 접착 파절 형태를 보였고 sandblasting 시행군에서는 37.5%가 아말감 표면에 레진이 남은 형태로 접착이 파절되었으나 접착제 잔류 지수에 따른 접착 강도를 비교하였을 때는 유의차를 보이지 않았다. (p<0.05)

Table 6. Bond failure according to a modified ARI scoring system

	0	1	2	3
A	10	-	-	-
B	8	1	-	1
C	10	-	-	-
D	7	1	-	2
F	10	-	-	-
F	9	1	-	-
G	10	-	-	-
H	1	3	3	3

0=no adhesive left on amalgam surface

1=less than half left

2=more than half left

3=all the adhesive left on amalgam surface

Table 8. Results of one-way ANOVA test comparing mARI score

Source	Sum of square	Mean square	F ratio	F prob.
Between groups	9.344	3.115	.534	.660
Within groups	442.897	5.828		
Total	452.241			

5. 주사전자 현미경 소견(Figure 3,4,5,6)

polishing된 아말감 표면은 매끄럽고 콤포짓트 레진의 접착 유지력에 도움이 될 수 있는 부위는 거의 관찰되지 않았다. 반면 sandblasting을 시행한 아말감 표면에서는 유지력에 도움이 될 수 있는 다수의 undercut이 관찰되었다. 탈락 후의 브라켓 기저면을 보았을 때도 역시 같은 양상을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

아말감에 브라켓을 직접 접착하였을 때의 접착 강도에 대한 이전의 연구는 브라켓 기저부가 모두 아말감 표면에 접착되는 형식의 실험들이었다.⁷⁻⁹⁾ 그러나 임상적으로 그런 경우는 많지 않으며 아말감과 그 주변의 enamel에 같이 접착되는 경우를 더 흔히 볼 수

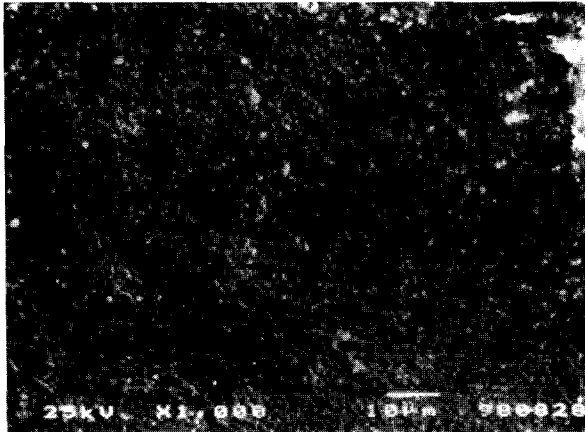


Figure 3. Scanning electron microscopic image of a polished amalgam surface($\times 1000$)

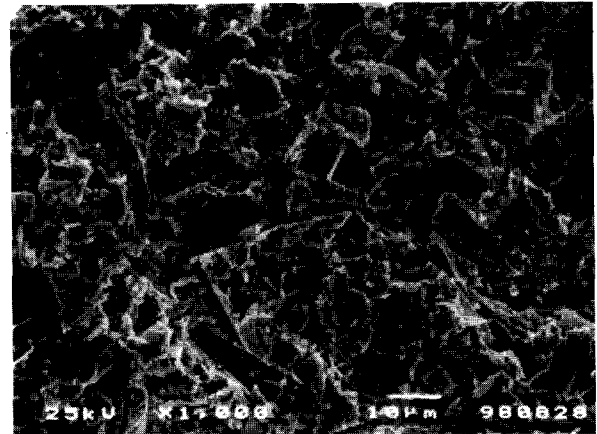


Figure 4. Scanning electron microscopic image of a sand-blasted amalgam surface($\times 1000$)

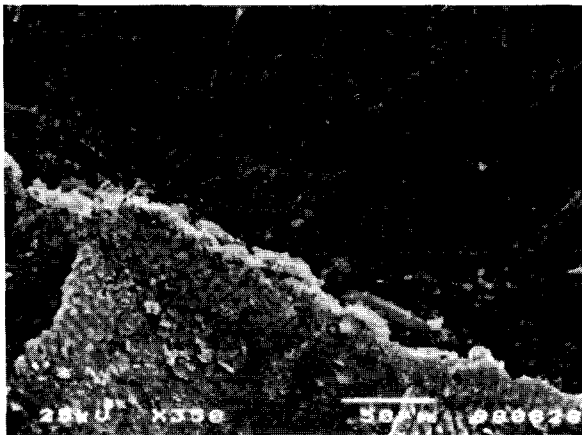


Figure 5. Scanning electron microscopic image of bracket base after debonding from polished amalgam restoration($\times 350$)

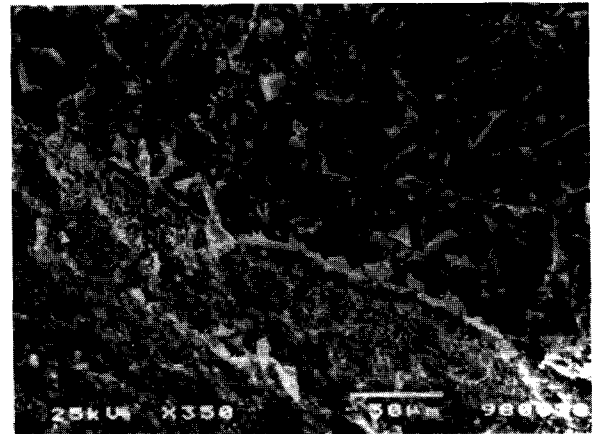


Figure 6. Scanning electron microscopic image of bracket base after debonding from sandblasted amalgam restoration($\times 350$)

있다. Zachrisson, Buyukilmaz^{9,10}의 연구도 이러한 사실을 언급하고 있다.

또한 이전의 많은 연구^{11,12,16}에서 평가되었던 여러 가지 metal bonding adhesive나 intermediate resin들은 대부분의 경우 통상의 교정용 레진으로 접착하였을 때보다 접착력은 증가하였으나 C&B Metabond(Superbond C&B)는 curing time이 10분 이상 요구되며⁶, Panavia EX는 경화가 일어나는 동안 anaerobic한 환경을 유지하기 위하여 Oxyguard gel을 도포하였다가 제거하여야 하는 등의 임상적으로 브라켓 접착시 사용하기에는 불리한 단점을 가지고 있으며, 브

라켓 탈락시에 아말감이 파절되는 경우도 보고되었다¹⁶. 이에 치면에 아말감 수복물이 존재할 때 통상의 교정용 레진으로 브라켓을 접착하는 경우, 아말감 크기가 어느 정도일 때 임상적으로 허용될 수 있는 접착 강도를 얻을 수 있는지 알아보기 위하여 본 실험을 고안하였다.

전단 강도에 대한 선행들의 연구 결과는 매우 다양하다.²⁰⁻²⁵ Proffit은 교정용 호선에서 발생하는 힘은 15~150gm이라 하였고, Newman²¹은 임상적 조건에서 브라켓에 가해지는 최대 힘이 0.029MPa이라고 하였으며, Keizer, Ten, Arends²⁶는 임상적으로 요구되는

브라켓의 접착 강도는 0.03MPa이라고 보고하였다. 한편 Gorelick, Geiger, Gwinnett²⁷⁾은 접착 파절의 주된 이유는 저작시의 교합압 때문이라 하였으며, Garner와 Kotwal¹⁹⁾은 전치부의 평균 교합력은 13.9-17.6kg이라 하였고, Proffit, Fields²⁸⁾는 정상 어린이의 저작력과 구치부 최고 교합력은 각각 9.4kg, 15.5kg이며 정상 성인의 경우는 각각 16.2kg, 35.6kg이라고 보고하였다.

또 Reynolds²⁹⁾에 의하면 임상적으로 필요한 브라켓의 전단접착강도는 6-8MPa이라고 하였고, Knoll, Gwinnet, Wolff²³⁾는 임상에서 요구되는 최소의 접착 강도를 7MPa이라고 제안하였다.

본 연구에서 각 군의 평균 전단접착강도는 5.58MPa에서 9.10MPa의 값을 나타내었고 모두 대조군의 평균 전단결합강도보다 낮았으나, 통계학적으로는 아말감 크기 3.0mm인 G군과 H군의 전단결합강도가 대조군에 비해 상당히 낮은 값을 나타내었고, 아말감 크기 1.5mm인 A군과 B군의 전단강도는 대조군과 유의차가 없었다.

아말감 크기 1.5mm인 군에서 브라켓 기저부의 84.71%는 부식된 법랑질에 접착하게 되며, 본 연구에 사용된 브라켓의 기저부 면적은 11.52mm²이므로 적은 면적의 아말감 수복물은 접착 강도에 영향을 주지 않은 것으로 생각되었다. 이는 다양한 크기의 브라켓의 전단 접착강도를 비교하여 브라켓 기저부 면적이 6.82mm²에서 12.35mm²까지는 접착강도에 차이가 없다고 보고한 MacColl 등³⁰⁾의 연구와 유사한 결과였다. 그러나 아말감이 브라켓 기저부 면적의 61.15%를 차지하는 G군, H군의 경우 대조군의 50-60% 수준으로 급격한 전단접착강도의 감소를 보였다. 이 결과는 앞으로 실제 임상적 평가를 통해 보완, 해석되어야 할 것이다. 실험상의 결과를 실제 임상과 비교할 때, 다음과 같은 실험상의 몇 가지 한계점이 있기 때문이다. 첫째, 부착된 브라켓의 탈락이 일어날 때까지 지속적으로 증가되는 힘의 적용은 실제 임상에서 일어나는 현상을 대변해주지 못한다. 둘째, 기계 상에서 행하여지는 힘의 유형은 임상에서 조심스럽게 적용되는 힘과 같지 않으며 셋째는 온도, 스트레스, 습도, 산도, 플라그 등의 변수가 있는 복잡한 구강환경을 그대로 재현할 수 없다⁹⁾는 것이다.

주사전자현미경 관찰에서 sandblasting한 아말감 표면과 polishing한 아말감 표면을 비교했을 때 이전의 연구에서 보고되었듯이 sandblasting한 아말감 표면에서 많은 undercut을 관찰할 수 있었다. Sorenson¹³⁾과 Edris, Jabr, Cooley, Barghi³⁰⁾의 연구에 의하

면 sandblasting에 의해 composite-to-metal adhesion이 최소 300% 증가한다고 하였으며, 또 다른 방법인 다이아몬드 스톤으로 표면을 처리하는 방식은 주사전자현미경상에서 고배율로 관찰했을 경우에 undercut이 거의 관찰되지 않으며 규칙적인 groove와 ridge가 관찰된다⁹⁾고 하였다. 본 연구에서 아말감 표면처리에 따른 전단 결합 강도를 비교했을 때는 sandblasting 시행여부에 따른 전단결합강도의 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다. 그러나 아말감 크기 1.5mm군을 제외한 다른 군에서는 sandblasting을 시행한 군에서 더 높은 전단강도를 나타내었으며, sandblasting에 따른 차이가 없었던 것은 부식된 법랑질에 의한 접착강도의 증가가 복합된 효과인 것으로 생각된다. 본 연구에서는 50 μ m 크기의 aluminum oxide 입자를 사용하였으며, Buyukyilmaz, Zachrisson⁶⁾은 50 μ m와 90 μ m aluminum oxide 간에 아말감 표면처리 효과에 차이가 없다고 하였다.

또한 브라켓 접착 파절 형태를 관찰하였을 때 sandblasting을 시행한 군의 37.5%에서 아말감 표면에 레진이 남아있는 상태로 파절이 일어나 표면처리 방법에 따른 mARI score에서는 유의차가 있었으나, mARI score에 따른 접착 강도를 비교하였을 때에는 차이가 없는 것도 같은 이유로 설명할 수 있다. 한편 O'Brien, Watts, Read³²⁾에 의하면 브라켓 제거 시 남은 레진 잔류량은 파절면의 전단결합강도와는 관계가 없으며, 브라켓 접착면의 형태와 사용된 레진 접착제의 특성에 의해 결정된다고 하였다. 화학 중합형 교정용 레진은 2개의 paste를 혼합함으로써 중합이 시작되는 paste-paste system과 primer와 레진이 결합되면서 중합이 시작되는 no-mix system으로 나눌 수 있으며, 본 실험에서는 실험조건을 일정하게 유지하기 위해 혼합할 때 오차가 생길 수 있는 paste-paste system이 아닌 no-mix system인 Ortho-one을 사용하였다. no-mix system의 경우 접착 레진의 두께가 얇고 균일한 경우에 최고의 접착 강도를 얻을 수 있으므로^{33,34)} 치면의 일정한 위치에 일정한 하중을 가하여 브라켓을 접착하였다. 그러나 본 실험의 결과에서 아말감 표면에 레진이 남은 상태로 접착 파절이 일어난 경우에도 대부분의 경우 레진과 레진 간의 cohesive failure 양상을 보였는데 이는 치아 형태의 해부학적 차이와, 아말감 충전과 연마 시에 치면과 아말감 경계면의 이행이 일체성을 이루지 못하여 브라켓의 치면에 대한 적합성이 떨어지고 레진의 두께가 두꺼워져 중합이 완전히 이루어지지 못하고 레진과

레진 간의 cohesive failure가 일어나 sandblasting의 효과가 충분히 표현되지 못했던 것으로 생각된다.

1993년의 ISO document³⁵⁾에 의한 adhesive material의 성질에 대한 평가를 위한 3가지 가능한 조건은 37°C 물에 24시간 보관하거나, 6개월 동안 보관하는 방법, 그리고 5°C에서 55°C까지 thermocycling을 하는 방법이다. Thermocycling은 구강 환경과 유사한 조건을 제공해준다는 점에서 매우 유용한 방법이다. 본 연구에서는 실험에 사용된 레진이 한가지로 제한되었으므로 첫 번째 방법으로 실험조건을 설정하였다. 이전의 연구^{6,7,16)}에 의하면 thermocycling 시행 전과 후의 접착강도는 도재에 직접 접착 술식을 시행했을 때를 제외하고는 큰 차이가 없는 것으로 보고되었으며, Gross, Foley⁸⁾ 등의 연구에서도 아말감에 Co-nicise로 브라켓을 접착하였을 때 thermocycling이 전단 접착강도에 거의 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

V. 결 론

직접 접착 술식과 접착 재료의 발달로 높은 접착강도보다는 임상적으로 좀더 편리하고 효율적인 술식에 대한 요구가 증가하게 되었다. 이에 다양한 크기의 아말감 충전물에 대한 통상적인 직접 접착 술식의 효과와 sandblasting 시행여부에 따른 전단결합강도의 차이를 알아보기 위하여 본 실험을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 아말감 크기에 따른 비교시 아말감 크기 1.5mm군의 전단 강도가 다른 군들에 비해 유의성 있게 높았고, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm군간에는 전단 강도의 차이가 없었다. (p<0.05)
2. 아말감 크기가 동일한 경우 sandblasting 시행여부에 따른 전단결합강도의 차이는 없었다. (p<0.05)
3. 각 군간의 비교시 아말감 충전물의 면적이 브라켓 기저부 면적의 약 61%를 차지하는 G군, H군의 전단결합강도는 대조군의 50-60% 수준으로 급격히 감소하였다. (p<0.05)
4. 브라켓 접착 파절 형태의 관찰 시 sandblasting을 시행하지 않은 군에 비해 sandblasting 시행군의 mARI score가 유의성 있게 높았으나 두 군간에 전단 결합강도의 차이는 없었다. (p<0.05)

이상의 실험결과는 아말감 충전물의 크기가 브라

켓 기저부 면적의 약 50%이하일 때 sandblasting 시행여부에 관계없이 통상적인 교정용 레진을 사용하여 직접 접착 술식을 시행하여도 임상적으로 적절한 전단강도를 얻을 수 있음을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel surfaces. J Dent Res 1955 : 34 : 849-53.
2. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. Am Jm Orthod.1965 : 51 : 901-12.
3. Bowen RL. Use of epoxy resins in restorative materials. J Dent Res 1956 : 25 : 366.
4. Miura F, Nakagawa K, Masuhara E. New direct bonding system for plastic brackets. Am Jm Orthod 1971 : 59 : 350-61.
5. Boyd RL, Baumrind S. Periodontal considerations in the use of bonds or bands on molars in adolescents and adults. Angle Orthod 1992 : 62 : 117-26.
6. Buyukyilmaz T, Zachrisson YØ, Zachrisson BU. Improving orthodontic bonding to gold alloy. Am Jm Orthod Dentofac Orthop 1995 : 108 : 510-8.
7. Buyukyilmaz T, Zachrisson BU. Improved orthodontic bonding to silver amalgam. part 2. Lathe-cut, admixed, and spherical amalgams with different intermediate resins. Angle Orthod 1998 : 68 : 337-44.
8. Gross MW, Foley TF, Mamandras AH. Direct bonding to adloy-treated amalgam. Am Jm Orthod Dentofac Orthop 1997 : 112 : 252-8.
9. Zachrisson BU, Buyukyilmaz T, Zachrisson YØ. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. Angle Orthod 1995 : 65 : 35-42.
10. Zachrisson BU, Buyukyilmaz T : Recent advances in bonding to gold, amalgam, and porcelain. J Clin Orthod 1993 : 27 : 661-75.
11. Franklin GG, David AK, William FP, Gregory H. Shear bond strength of two resin adhesives for acid-etched metal prostheses. J Prosthet Dent 1991 : 65 : 787-9.
12. Frutis TJ, Duncanson MG, Coury TL. Interfacial bond strengths of amalgam bonded to amalgam and resin composite bonded to amalgam. Quintessence Int 1998 : 29 : 327-34.
13. Sorenson JA. Porcelain composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. Dent Mater 1991 : 7 : 118.
14. Newman GV, Newman RA, Sun BL, Ha J-LJ, Ozsoylu SA. Adhesion promoters, their effect on the bond strength of metal brackets. Am Jm Orthod Dentofac Orthop 1995 : 108 : 237-41.
15. Cooley RL, McCount JW, Train TE. Bond strength of resin to amalgam as affected by surface finish. Quintessence int 1989 : 20 : 237-9.
16. Caughman WF, Kovarik RE, Rueggeberg FA, Snipes WB. The bond strength of Panavia EX to air-abraded amalgam. Int J Prosthodont 1991 : 4 : 276-81.
17. Coreil MN, McInnes-Ledoux P, Ledoux WR, Weinberg R. Shear bond strength of four orthodontic bonding systems. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990 : 97 : 126-9.
18. Artun J, Bergland S. Clinical trial with crystal growth conditioning as alternative to acid-etch enamel pre-treatment. Am J Orthod 1984 : 85 : 333-9.
19. Garner LD, Kotwal NS. Correlation study of incisive biting forces with age, sex, and anterior occlusion. J Dent Res 1973 : 52 : 698-702.
20. Chamda RA, Stein E. Time-related bond strength of light-cured and

- chemically cured bonding system : An in vitro study. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996 : 110 : 378-82.
21. Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. Br J Orthod 1994 : 21 : 33-43.
 22. Khowassah MA, Bishara SE, Francis TC, Henderson W. Effect of temperature and humidity on the adhesive strength of orthodontic direct bonding materials. J Dent Res 1975 : 54 : 146-51.
 23. Knoll M, Gwinnet AJ, Wolff S. Shear bond strength bonded to anterior and posterior teeth. Am J Orthod Dentofac Orthop 1986 : 89 : 476-9.
 24. Shinha PK, Nanda RS, Duncanson MG, Hosier MJ. Bond strengths and remnant adhesive resin on debonding for orthodontic bonding techniques. Am J Orthod Dentofac Orthop 1995 : 108 : 302-7.
 25. 서 정훈, 최 은아. 재생 브라켓의 전단접착강도에 관한 비교 연구. 대치교정지. 1998 : 28 : 641-57.
 26. Keizer S, Ten Cate, Arends J. Direct bonding of orthodontic brackets. Am J Orthod 1976 : 69 : 318-27.
 27. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Implications of the failure rates of bonded brackets and eyelets : A clinical study. Am J Orthod 1984 : 86 : 403-6.
 28. Proffit WR, Fields HW. Occlusal forces in normal- and long-face children. J Dent Res 1983 : 62 : 571-4.
 29. Reynolds IR : A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975 : 2 : 171-8.
 30. MacColl GA, Rossouw PE, Titley KC, Yamin C. The relationship between bond strength and orthodontic bracket base surface area with conventional and microetched foil-mesh bases. Am J Orthod Dentofac Orthop 1998 : 113 : 276-81.
 31. Al Edris A, Al Jabr A, Cooley RL, Barghi N. SEM evaluation of etch patterns by three etchants of three porcelains. J Prost Dent 1990 : 64 : 734.
 32. O'Brien KD, Watts DC, Read MJ. Residual debris and bond strength -Is there a relationship? Am J Orthod. Dentofac Orthop 1988 : 94 : 222-30.
 33. Evans LB, Powers JM. Factors affecting in vitro bond strength of no-mix orthodontic cements. Am J Orthod 1985 : 87 : 508-12.
 34. Jost-Brinkmann PG, Schiffer A, Miethke RR. The effect of Adhesive-layer thickness on bond strength. J Clin Orthod 1992 : 26 : 718-20.
 35. Bruning JL, Kintz BL. Computational handbook of statistics. Glenview : Scott, Foresman 1977.

- ABSTRACT -

A study on the shear bond strengths of orthodontic brackets according to surface treatments and sizes of amalgam restorations.

Hyeun-Hee Kim, Kyung-Suk Cha, Jin-Woo Lee

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University

In orthodontic patients, frequently, amalgam restorations are present on the buccal surface of molars. The ability to successfully bond orthodontic brackets and buccal tubes to amalgam restorations would therefore be of clinical value. But the bond strength to total amalgam surface is probably not critical in most instances. Because there is usually a considerable amount of sound enamel surrounding a buccal amalgam filling.

The purpose of this study was to evaluate the bond strengths of orthodontic brackets according to surface treatments and size of amalgam restorations.

Eighty tooth specimen were assigned to four groups according to amalgam size-1.5mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm diameter-and then divided into two groups : one half was sandblasting group the other half was no sandblasting group. After Bracket bonding, shear bond strength for each specimen was determined and bond failure patterns was evaluated.

1. Shear bond strength of amalgam size 1.5mm group was significantly higher than that of the other groups. ($p < 0.05$)
2. There was no significant difference in the bond strength produced by sandblasting. ($p < 0.05$)

3. Shear bond strength of G and H group of which amalgam restoration ratio to the bracket base sizes were 61% were significantly decreased 50-60% level of that of control group. ($p < 0.05$)
4. There was positive correlation between sandblasting and mARI. ($p < 0.05$)

The results of the present study indicate that it may be feasible to bond orthodontic bracket clinically successfully to amalgam restoration with conventional orthodontic resin when its size is less than 50% of that of bracket base.

KOREA. J. ORTHOD. 2001 : 31(3) : 381-91

※ Key words : Bond strength, Amalgam restoration