

접착술식에 따른 전단강도 및 Bracket위치의 비교

원광대학교 치과대학 교정학교실

박윤경 · 국윤아 · 김상철

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

부정교합을 치료하기 위한 교정치료 장치는 Edward H. Angle이 Edgewise arch mechanism을 소개한 이래, 새로운 교정재료 및 장치의 개발로 많은 변화와 발전을 하여 왔다^{1,2)}. 특히 교정장치의 부착 방법에 있어, 1955년 Buonocore³⁾가 치아 부식술을 소개하여 법랑질과 레진에 첨가하여 물리적인 성질을 보강시켰다. 1964년 Newman⁴⁾이 처음으로 산부식 방법과 epoxy resin을 교정용 bracket 접착제로 사용하여 직접 접착법을 시행한 이래 많은 발전이 있었다⁵⁻¹²⁾.

직접 접착법은 bracket base가 치면에 더 밀접하게 부착이 되고, 과도한 flash의 제거 및 청결이 용이하며, 탈회를 촉진시킬 수 있는 인위적인 undercut 및 deficiency부위를 피할 수 있다¹³⁾. 반면에, 간접 접착법은 직접법에 비해 bracket 위치의 정확성을 더 기할 수 있

고, 환자의 chair time을 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 점은 bracket 설정을 정확하게 하므로써, 전체적인 치료시간을 단축하며 좋은 결과를 유도할 수 있다.

한편, 부적절한 bracket 위치는 치료의 마지막 단계에서 많은 문제점을 야기하여 bracket의 재부착 내지는 arch wire의 변형된 제작을 요구하게 된다. 특히, straight wire appliance와 lingual appliance는 bracket 위치 설정의 중요성이 더 강조되고 있다.

따라서 E. Silverman과 M.L. Cohen¹⁴⁻¹⁶⁾과 여러 선학들^{4,17-25)}에 의해 간접 접착법이 발전되어 왔고, 국내에서도 경²⁶⁾과 이²⁷⁾가 이러한 방법에 대해 보고하였다.

간접 접착법은 attachment를 모델상에 부착시키는 방법, transfer tray의 형태, 사용된 접착제 및 sealant, 그리고 구강내의 moisture control 방법들에 따라 다양한 방법이 소개되고 있다.

직접 및 간접 접착법의 비교에서, Gorelick²⁸⁾은 미국 교정의사의 bracket 접착법의 선호도를 조사한 결과, 대부분은 직접 접착법을 선호하고 있었으며, 17% 정도가 간접 접착법을 시행하고 있다고 하였다. Zachrisson과 Brobakken²⁹⁾의 연구에서는 간접 접착법의 실패율이 2배 정도나 높았다고 보고하였다. 그러나, Aguirre등¹⁸⁾은 오히려 간접 접착법의 실패율이 더 낮았고, 또한 전단강도를 비교한 결과 대상에 따라 다양한 결과를 보였다고 하였으

며, 상 하악 견치부위의 bracket 위치 설정이 간접 접착법에서 더 정확하였다고 발표하였다. 반면, Milne 등²⁹⁾은 인장 강도와 전단 강도의 차이를 비교한 결과, 두 방법 간에 유의한 차이가 없는 것으로 보고하였다.

이상과 같이 간접 접착법과 직접 접착법의 두 방법 간에 다수의 비교연구가 있었으나, 일관성이 결여되어 있는 것으로 판단되어, 본 연구에서는 전단강도와 bracket 위치에 있어서, 직접 및 간접 접착법 간의 차이를 비교하여 다수의 지견을 얻어 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구 재료

bracket 위치에 대한 비교연구는, 원광대학교 치과병원 교정과에 내원한 성인 남녀 14명과 상·하악 치열을 대상으로 하였고, 전단강도의 비교는 발거되어 0.9% 생리 식염수에 보관된, 하악전치 24개와 상·하악 소구치 24개를 대상으로 하였다. 접착제는 Concise(3M사, USA)를 사용하였으며, bracket은 Tomy 회사 제품을 사용하였다.

나. 연구 방법

1) 전단강도 측정

a. 수집된 48개 치아, 즉 하악전치 24개, 상악 소구치 12개, 하악 소구치 12개를 실제 치열과 같은 상태가 되도록 아래와 같이 식립하여 6개의 wax로 구성된 arch를 만들었다 (Fig. 1).

14개의 레진 치아가 식립된 하악 deniform을 Biostar(Scheu-Dental, Germany)위에 얹어 놓고, 1.8mm wafer로써, 6개의 Bioplast mold를 제작하고, 각 arch form mold에 전치 4개, 상악 소구치 2개, 하악 소구치 2개를, 나머지 레진치아를 식립한 후, baseplate wax를 녹여 arch form을 완성하였다.

b. 완성된 6개 arch 중 3개 arch는 직접 접착법으로, 나머지 3개는 간접 접착법으로

bracket을 접착시켰다. 대상 치아에 대해 치면 세마, 산 부식, 세척, 건조를 같은 조건으로 하였다. concise를 접착제로 사용하였으며, Optosil을 간접 접착법용 transfer tray로 사용하였다 그 후, Instron testing을 위하여 표준화된 조건으로 acrylic에 매몰하고, 상온의 물에 14일간 담귀놓았다.

c. 결합력을 측정하기 위하여, 만능시험기(Instron, Model 4201, USA)에 50kg의 load cell을 부착하고, 1mm/min의 cross-head speed로 전단강도를 측정하였다(fig. 2).

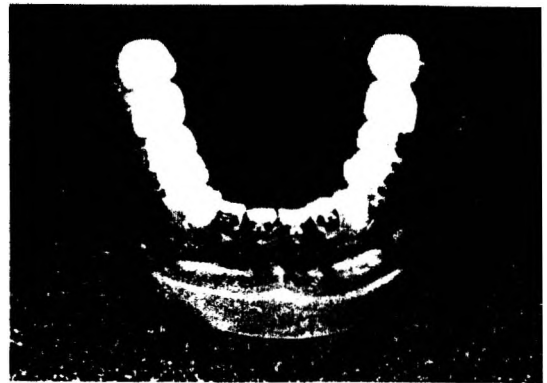


Fig. 1. Wax archform to be bonded.

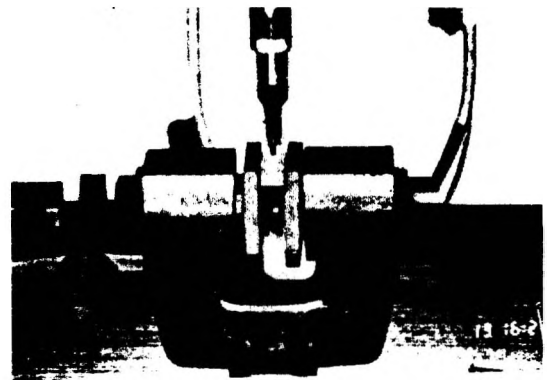


Fig. 2. Shear bond strength tested in Instron (model 4201)

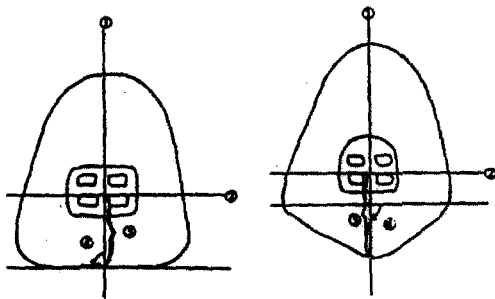
2) bracket 위치 측정

a. 14명의 대상에서 상하악 좌우 중절치부터 제 2 소구치까지 접착하였는데, 좌우측의 접

착방법을 직접과 간접으로 구별 시행하였다. 각 치아별로 bracket height를 설정하고 치축에 bracket slot이 직교 되도록 bracket angulation을 설정하여, 전단강도 측정시와 같은 술식으로 접착하였다. 접착된 bracket을 각각 사진 촬영하여, 각기 다른 방법으로 접착된 좌우 동일 치아의 bracket height와 angulation을 비교하였다.

사진 촬영은 Nikon 35mm 사진기 몸체에, 확대 비율이 1:1이 되도록 100mm macro lens와 ring light flash를 부착하고, Kodak Ektachrome(ASA 100) 필름을 사용하였다. 치아에 대한 촬영 각도를 표준화시키기 위해 Jig (0.018×0.022 full size wire)를 만들어 bracket slot에 끼어 후 촬영하였다.

b. 촬영한 244개의 각 slide사진을 4배 확대되는 viewer(阪神 Technal Lab., Japan)에서 묘사하여, 전치부에서는 절단면의 중심, 구치부에서는 교두정으로부터 bracket slot까지의 수선 거리를 측정하고, 전치부에서는 절단면, 구치부에서는 변연용선 연결선과 bracket slot line이 만나는 근심 각도를 측정하였다 (Fig. 3).



(1) vertical plane (2) horizontal plane
(3) height measurement
(4) angular measurement

Fig. 3. Linear & angular measurements

3) 통계처리

a. 두가지 접착방법 각각에서의 전단강도의 평균치와 그들간의 t 검정.

b. Bracket height와 angulation의 두가지 접착법들 간의 t 검정.

III. 연구실적

1. 전치군에서 직접법에 의한 전단강도의 평균은 $2.00 \pm 0.78 \text{ kg/mm}^2$ 이었고, 간접 접착법에서는 $1.29 \pm 0.80 \text{ kg/mm}^2$ 으로써, 직접 접착법에서의 전단강도가 간접 접착법에서보다 컸다 ($P < 0.05$) (Table 1).

2. 구치군에서는 직접 접착법에서의 전단강도 평균은 $1.56 \pm 0.41 \text{ kg/mm}^2$ 이었고, 간접 접착법에서는 $1.71 \pm 0.50 \text{ kg/mm}^2$ 이었으나, 두 방법 사이에는 유의한 차이가 없었다 (Table 2).

3. 상악에서의 bracket angulation은 간접 접착법에서 중절치가 가장 적은 평균치 0.43을 나타내고, 제2소구치에서 가장 큰 평균치 0.89를 보였으며, 직접 접착법에서는 역시 중절치에서 가장 적은 평균치 0.82이었고, 제1소구치에서 가장 큰 평균치 1.79를 보였으나 두 방법 간에는 제2소구치에서만 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.01$).

하악에서의 bracket angulation은 간접 접착법에서, 측절치가 가장 적은 평균치 0.38을 보였고, 제2소구치에서 가장 큰 평균치 0.86을 나타냈고, 직접 접착법에서는 중절치가 가장 적은 평균치 0.85를 나타내고, 제1소구치에서

Table 1. Shear bond strength of incisors bonded

bonding method	sample N.	mean (kg/mm ²)	p value in t-test
direct B.	12	2.00 ± 0.78	0.042*
indirect B.	11	1.29 ± 0.80	

* : $P < 0.05$

Table 2. Shear bond strength of premolars bonded

bonding method	sample N.	mean (kg/mm ²)	p value in t-test
direct B.	12	1.56 ± 0.41	0.053~
indirect B.	11	1.71 ± 0.50	

- : N.S.

Table 3. Comparison of bracket angulation between bonding methods

upper tooth	mean in D.B.	mean in Ind. B.	P	lower tooth	mean in D.B.	mean in Ind. B.	P
1	.8214	.4286	.059	1	.8462	.4615	.075
2	1.3182	.8182	.085	2	.9615	.3846	.003**
3	1.2000	.8000	.168	3	1.3929	.6071	.003**
4	1.7917	.8750	.007**	4	1.7143	.8214	.003**
5	1.3889	.8889	.206	5	1.5455	.8636	.010**
Total	1.2893	.6777	.000***				

*** : $P < 0.001$ ** : $P < 0.01$

Table 4. Comparison of bracket height between bonding methods

upper tooth	mean in D.B.	mean in Ind. B.	P	lower tooth	mean in D.B.	mean in Ind. B.	P
1	18.2214	18.2857	.752	1	14.0923	14.1692	.714
2	16.7786	17.0071	.408	2	15.7500	15.5250	.449
3	18.7429	18.7929	.789	3	16.2818	16.6909	.202
4	17.9077	17.6308	.256	4	16.4500	16.9700	.052
5	15.7385	15.5846	.549	5	16.1714	16.2857	.680
Total	16.5475	16.6131	.404				

가장 큰 평균치 1.71을 보였는데, 증절치를 제외한 모든 치아에서 두 방법 간에 유의한 차이를 보였다($P < 0.01$). 또한, 전체적으로 보아서도 두 방법 간에 유의한 차이가 있어 간접 접착법이 직접 접착법보다 bracket angulation이 정확했다($P < 0.001$) (Table 3).

4. bracket height는 두 방법간에 유의한 차이가 없었다(Table 4).

IV. 총괄 및 고찰

산 부식에 의한 acrylic 충전제의 접착 방식이 1955년 Buonocore⁹⁾에 의해서 도입이 된 이래로, 1960년대 초에 G.Newman⁵⁾이 처음으로 교정용 attachment를 산 부식방법을 시도하여 직접법에 의한 접착방법에 관한 많은 발전이 있어 왔다⁶⁻¹²⁾.

그러나 banding에 의한 attachment부착에 비해 bonding은 여러가지의 장점이 있지만, 교정의 및 환자를 위해 좀 더 나은 접착 방법이 요구되었다.

이러한 일환으로 E.Silverman, M.L. Cohen 등¹⁷⁻²⁷⁾에 의해 간접 접착 방법이 발전되어 왔다.

장점으로는 chair time의 감소, 환자의 불편감 해소, attachment 장치의 정확성 그리고, 치면에 대한 attachment의 좋은 적합성, 대합치에 대한 attachment 접촉 여부의 검사가능 등이 있는데, 특히 Silverman과 Cohen¹⁴⁾은 술자가 스트레스를 덜 갖게되는 점을 강조하고 있다.

단점으로는 복잡한 기공과정, 임상 치관이 짧은 경우, 금관이나 협면에 큰 수복물이 있는 경우는 불가능하며, disturbed setting의 가능

성, 치면에 대한 attachment의 적합성이 좋지 않은 경우에는 접착도가 떨어진다는 것 등을 열거할 수 있다.

또한 간접 접착법은, 기공 과정에서 bracket를 석고모형에 부착하는 방법^{8,14-17,21,30-32}과 석고모형에서 구강내로 bracket를 전달하는 tray의 종류^{21,26,30}에 따라, 사용되는 adhesive 제재에 따라, 그리고 접착 부위의 범위^{23,26,30}에 따라 달라질 수 있다.

Zachrisson과 Brobakken²⁰은 여러가지 bracket과 접착제를 사용하여 두 방법을 비교한 결과, 직접 접착법은 치면과 bracket base가 좀 더 긴밀한 관계를 이루며, bracket base 주변의 adhesive flash가 깨끗하게 처리되고, 인위적인 undercut와 deficiency를 피할 수 있다고 하였다. 또한, bracket placement의 정확성은 몇 개의 어려운 위치의 구치를 제외하고는 직접 접착법에 대한 간접 접착법의 우월성을 찾아보기 어려웠으며, 접착하기 전에 원하는 위치를 석고 모형 상에서 면밀히 관찰한 후에 시행하게 되면, 직접법으로도 정확하게 부착할 수 있다고 하였다. 반면에 1979년 Thomas¹⁹는 간접 접착법은 중요한 교정치료 기술 발전 사항 중 하나로 여기며 이에 대한 장점을 소개하고 좀 더 개선된 방법을 발표하였다. Graber와 Swain³⁰도 최근의 간접접착법은 bracket주변에 flash가 적은 것이 큰 장점이라고 하였으며, 지금까지 bracket 접착 결합력에 대한 비교가 없는 것을 지적하였다. 접착 결합력의 정도를 알아보는 여러 방법 중 하나인 전단강도 측정은 교정력이 bracket에 전달될 때, 특히 상하적으로 전위적 치아의 bracket에 저작력이 가해지는 경우와 유사하다. 1982년에 Aguirre 등¹³은 직접 접착법과 간접법 간의 전단강도를 비교한 결과 개개 사람마다 큰 변화가 있었다고 하였으며, Milne 등²⁰은 두 방법 간의 전단강도에서 직접 접착법에 의한 것이 약간 높게 나타났으나, 통계적 유의성은 없었다고 보고하였다.

본 연구에서는 직접 접착방법이 간접법에 비해 평균 전단강도가 약간 높게 나타나고 있는데, 전치부에서만 두 방법 사이의 유의한 차

이를 보이고 있다. 이것은 Milne 등²⁰의 전치부에서 유의한 차이가 없었다는 보고와 차이가 있는 것이며, Aguirre 등¹³이 대상에 따라 각각 다양한 결과를 보였다는 보고와도 차이를 보이고 있다. 이러한 차이점은 주로 서로 다른 법랑질의 구조¹³, 습기 및 타액의 오염과 글리세린, 불소등이 포함된 paste의 사용, 과도한 산 부식으로 인한 결합력의 저하¹⁷, adhesive의 종류^{17,20}, 그리고 투명과 불투명에 따른 tray의 종류 등의 연구방법에서의 차이에 의한 결과라 사료된다. 또한 tray를 모든 치아에 접촉시켜서, 중합 될때까지의 finger pressure의 균등한 분포와 지속적으로 전달되는 시간, tray의 제거 방법, 인상 채득 전의 깨끗한 치면 세마, 모형에 bracket을 임시적으로 부착하는 접착제의 두께, 분리후 잔존 분리제의 충분한 세척 등도 전단강도에 영향을 미치는 요소들이라 사료된다.

본 연구의 계측 결과, bracket height에 있어서 두 방법 간의 차이는 없는 것으로 나타났는데, Aguirre 등¹³은 height에 있어서 간접법으로 한 상악 견치와, 직접 접착법으로 한 하악 제2소구치가 우수한 것을 제외하고는 다른 차이가 없었으며, angulation에서는 상 하악 견치를 제외하고는 두 방법 사이에 유의한 차이가 없었다고 하였다.

또한 본 연구에서 brack angulation을 보면, 상악에서는 제1소구치가, 하악에서는 중절치만 제외하고는 모두 두 방법 간에 유의한 차이를 보이고 있어, 간접 접착법의 정확성을 나타내고 있다. 이러한 점은 인접 치아에 대한 근원심간의 변연윤선과 교두정과의 관계를 직접 접착법에서는 제대로 관찰하기가 용이하지 못하기 때문에 각도 변화량이 훨씬 크게 나타난 것으로 보이며, 이러한 차이는 구치부에서 그리고 하악에서 더욱 두드러진 양상을 보였다.

이상과 같이, 본 연구에서 전단강도는 전치부를 제외하고는 두 방법에서 차이가 없었고, bracket 위치 특히, 각도에서의 정확성이 간접 접착법에서 우수하였으므로 교정치료의 초보자 및 bracket 위치가 중요한 straight wire

appliance의 술식, 그리고 직접 시야가 보이지 않아 적합한 bracket 위치 선정에 어려움이 있는 lingual appliance등에서 간접 접착법의 비중이 크리라 사료된다.

앞으로, 간접 접착법의 간편한 기술, bracket 위치 설정의 정확성과 환자에의 편안함 부여등의 장점을 살리기 위해서는 전단강도에서의 전치부 결합력을 보완하기 위한 adhesive 체계의 보완과 기공과정 및 임상 기구의 추가 보완, bracket design의 개선, 구강내 moisture control등에 대한 연구가 더 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

전단강도와 bracket 위치에 있어서, 직접 및 간접 접착법 간의 차이를 비교하기 위해, 원광대학교 치과병원 교정과에 내원한 성인 남녀 14명의 치아들과 수집된 발거 치아 48개(하악 전치 24개, 하악소구치 12개, 상악소구치 12개) 각각을 대상으로, 직접 접착 방법과 간접 접착 방법을 구분 시행하여, bracket angulation과 height 및 전단 강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전치부에서의 전단강도는 직접 접착군의 경우가 간접 접착군보다 컸으나, 구치부에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. Bracket angulation에 있어 전반적으로 간접 접착법이 직접 접착법보다 정확하였으며, 특히 상악 제일소구치, 하악 측절치, 견치, 소구치에서 유의한 차이를 보였다.

3. bracket height는 두 방법간에 유의한 차이가 없었다.

참 고 문 헌

1. Renfro, E.W.: Edgewise, Lea & Febiger, Philadelphia, 1975, p.104.
2. Graber, T.M., and Swain, B.F.: Current orthodontic concepts and techniques, 2nd

- ed. W.B. Saunders Co., 1975, p.453.1.
3. Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, J. Dent. Res., 34:849-853, 1955.
4. Bowen, R.L.: Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidyl acrylate, United States Patent Office, Pat. No. 3:066, 112, 1962.
5. Newman, G.V.: Epoxy adhesives for orthodontics attachments: Progress report, 51: 901-912, 1965.
6. Miura, F., Nakagawa, K., and Masuhara, E.: New direct bonding system for plastic brackets, Am. J. Orthod., 59:350, 1971.
7. Reynolds, I.R.: A review of direct orthodontic bonding, Br.J. Orthod., 2:171-178, 1975.
8. Silverman, E., Gianelly, A.A., and Dietz, V.S.: A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets, Am. J. Orthod., 62:236-244, 1972.
9. Newman, G.V.: A posttreatment survey of direct bonding of metal brackets, Am. J. Orthod., 74:197-206, 1978.
10. Association reporters: State of the art and science of bonding in orthodontic treatment, J. Am. Dent. Assoc., 105:844-850, 1982.
11. Newman, G.V.: Adhesion and orthodontic plastic attachments, Am. J. Orthod., 56: 573-588, 1969.
12. Zachrisson, B.U., Edgar Heimgard, Ruyter, L.E.: Problems with sealants for bracket bonding, Am. J. Orthod., 75:641-649, 1979.
13. Aguirre, M.J., King, G.J., and Waldron, J.M.: Assessment of bracket placement and bond

- strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques, *Am. J. Orthod.*, 82:269-276, 1982.
14. Silverman, E., Cohen, M.L.: Current adhesives for indirect bracket bonding, *Am. J. Orthod.*, 65:76-84, 1974.
 15. Silverman, E., Cohen, M.L.: A report on a major improvement in the indirect bonding technique, *J. Clin. Orthod.*, 9:270-276, 1975.
 16. Silverman, E., Cohen, M.L.: The twenty minute full strap up, *J. Clin. Orthod.*, 10: 764-768, 1976.
 17. Moin, K., and Dogon, I.L.: Indirect bonding of orthodontic attachment, *Am. J. Orthod.*, 72:261, 1977.
 18. Myrberg, N.E.A., Warner, C.F.: Indirect bonding technique, *J. Clin. Orthod.*, 16: 269-272, 1982.
 19. Thomas, R.G.: Indirect bonding: Simplicity in action, *J. Clin. Orthod.*, 13:93-106, 1979.
 20. Zachrisson, B.U., Brobakken, B.O.: Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives, *Am. J. Orthod.*, 74:62-78, 1978.
 21. Scholz, R.P.: Indirect bonding revisited, *J. Clin. Orthod.*, 17:529-536, 1983.
 22. Scholz, R.P., Swartz, M.L.: Lingual orthodontics: A statusreport/part 3 indirect bonding-laboratory & clinical procedures, *J. Clin. Orthod.*, 16:812-820, 1982.
 23. Phillips, H.P.: Dr.homer W. Phillips on bonding (part 1), *J. Clin. Orthod.*, 14:391-411, 1980.
 24. Phillips, H.P.: Dr.homer W. Phillips on bonding (part 2), *J. Clin. Orthod.*, 14:462-480, 1980.
 25. Aguirre, M.J.: Indirect bonding for lingual cases, *J. Clin. Orthod.*, 18:565-569, 1984.
 26. 경희문: Set-up 모형을 이용한 간접부착술 식. 대한치과 의사협회지, 27: 73-82, 1989.
 27. 이경환: Indirect bondign technique에 대한 고찰, 대한치과교정학회지, 19: 155-163, 1989.
 28. Gorelick, L.: Bonding/The state of the art a national survey, *C.O.*, 12:39-53, 1979.
 29. Milne, J.W., Andreasen, G.F., Jakobsen, J.R.: Bond strength comparison: A simplified indirect technique versus direct placement of brackets, *Am. J. Orthod.*, 96:8-15, 1989.
 30. Graber, T.M., Swain, B.F.: Orthodontics: Current principles and techniques, Mosby company, 510-511, 1985.
 31. Brandt, S., Servoss, J.M., and Wolfson, J.: Practical methods of bonding direct and indirect, *J. Clin. Orthod.*, 9:610-635, 1974.
 32. Simmons, M.D.: Improved laboratory procedure for indirect bonding of attachments, *J. Clin. Orthod.*, 12:300-302, 1978.

– ABSTRACT –

THE COMPARISON OF SHEAR STRENGTH AND BRACKET PLACEMENT BETWEEN BONDING TECHNIQUES

Yun-Kyong Pak, D.D.S., **Yoon-A Kook**, D.D.S., M.S.D.,
Sang-Cheol Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of this study was to compare the bracket placement and the shear bond strength of indirect-bonded brackets with those of direct-bonded ones. Forty eight extracted human teeth were collected and attached with brackets and tested on shear bond strength, using Instron. Fourteen patients from Wonkwang University Dental Hospital were selected for direct bonding of brackets and their teeth were measured on bracket angulation and bracket height.

The obtained results were as follows:

1. The shear bond strengths of incisors were higher in direct-bonding group, rather than indirect-bonding group. But, the shear bond strength of premolars showed no significant differences between groups.
2. The bracket angulations of indirect-bonding group were preciser than those of direct-bonding group, especially in upper first premolars, lower lateral incisors, canines, premolars.
3. In bracket height, there were no significant differences between groups.