

접착방법 및 multistranded wire의 종류에 따른 접착식 보정장치의 전단접착강도에 관한 연구

이 형 철¹⁾ · 손 우 성²⁾

컴포지트와 여러가닥 강선을 사용하여 제작된 접착식 보정장치는 심미적이며, 효과적인 보정장치라 할 수 있다. 이 연구는 접착식 보정장치의 전단접착강도를 측정하고, 접착식 보정장치의 제작 시 사용하는 여러가닥 강선 및 접착방법의 이상적인 조합을 제시하기 위해 디자인되었다. 교정치료를 위해 발거한 건전한 상하악 소구치 160개를 사용하여 80개의 시편을 제작하였다. 접착면적 및 강선의 길이, 컴포지트의 두께를 동일화하고, 직접접착 및 간접접착의 방법으로 여러가닥 강선을 접착하여 접착식 보정장치를 제작하였다. 만능시험기를 사용하여 각 시편에서의 전단접착강도 및 강선의 탈락시까지의 신장량을 측정하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 6가닥, 0.0155인치의 강선에서 가장 큰 최대 접착강도를 보이고, 3가닥, 0.0195인치의 강선에서 가장 작은 최대 접착강도를 보였는데, 그 차이는 유의할 만큼 크지 않았다($p < 0.05$). 즉 강선의 직경 및 가닥수는 접착강도와 큰 연관성이 없다.
2. 3가닥, 0.015인치의 강선에서 가장 큰 신장량을 보여 주었고, 3가닥, 0.0195인치 강선에서 가장 작은 신장량을 보여 주었다($p < 0.05$). 강선의 직경이 작을수록 신장량은 크게 나타났으나, 강선의 가닥수는 신장량과 큰 연관성이 없다.
3. 두 가지 접착방법의 비교에서 간접 접착술식을 사용했을 때 더 큰 접착강도 및 신장량을 보여 주었고, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

(주요 단어 : 접착식 보정장치, 강선의 종류, 접착방법, 접착강도)

1. 서 론

부정교합을 성공적으로 치료한 후, 그 결과를 오랫동안 유지하는 것은 교정이라는 특수한 분야가 생기기 시작하면서부터 큰 관심사가 되어왔다. 현재 환자의 협조도에 의존하지 않는 효과적인 유지장치로서 접착식 보정장치가 널리 사용되고 있다. 설측에 위치하는 접착식 보정장치는 잘 보이지 않으며, 보정장치

의 탈락이 없는 한 지속적이고 반영구적인 유지가 가능하다는 장점이 있다. 그러므로 접착식 보정장치의 사용시 장치의 접착력은 교정치료의 유지와 직결되는 아주 중요한 요소라 할 수 있다.

접착식 보정장치의 실패율은 10.3-47.0%까지 다양하게 보고¹⁾되고 있으며, 상악과 하악의 장치를 비교하면 상악의 장치에서 더 높은 실패율을 보여 주었다. 이는 상악전치 설면에 가해지는 교합력이 원인일 것이다. Zachrisson²⁾은 그의 임상연구에서 Concise 컴포지트와 0.0215 인치(inch) Penta One 강선을 사용했을 때 가장 낮은 실패율을 보인다고 보고했다. 그는 이를 Penta One의 유연성으로 인한 것이라고 했다. 그러나 Beam³⁾은 6가닥 강선이 컴포지트와의 가장 큰 결합을 보이며, Penta One이 가장 낮은 결합을 보

¹⁾ 부산대학교 치과대학 교정학교실, 전공의.

²⁾ 부산대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 손우성

부산광역시 서구 아미동 1가 10

부산대학교 치과대학 교정학교실 / 051-240-7447

wsson@hyowon.pusan.ac.kr

Table 1. The group of test samples according to bonding methods and type of wire.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Diameter (inch)	.015	.0195	.0155	.0195	.015	.0195	.0155	.0195
Number of strand	3	3	6	6	3	3	6	6
Bonding method	Direct	Direct	Direct	Direct	Indirect	Indirect	Indirect	Indirect

인다고 했다.

현재 접착식 설측 보정장치의 제작에 여러 종류의 유연한 여러가닥 강선을 많이 사용하고 있으며, 정확한 위치선정을 위한 여러 가지 간접 접착법도 소개되고 있다. 그러나 접착식 보정장치의 접착력을 증대시키기 위한 강선의 종류 및 접착방법에 대한 실험적 보고가 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 접착식 설측 보정장치의 제작시 사용하는 강선 및 접착방법에 따른 접착강도에 대해 알아보고, 접착식 설측 보정장치의 장기간 유지를 위한 이상적인 강선 및 접착방법을 제시하고자 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

치아는 교정치료를 목적으로 발거한 건전한 상하악 소구치 80개씩, 160개를 이용하였고, 접착제는 광중합형 교정용 접착제인 Transbond XT (3M Unitek, REF 712-035)를 사용하였다. 접착식 보정장치의 제작시 사용한 강선은 0.015, 0.0195 인치 직경의 3가닥 강선(ORMCO)과 0.0155, 0.0195 인치 직경의 6가닥 동축 강선(coaxial wire)을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 치아 시편의 제작

교정치료 목적으로 발거한 상하악 소구치를 수거하여 생리식염수에 보관한 다음, 법랑질의 상태가 양호한 치아를 선별하여 치아에 부착된 잔사를 제거하고, 치과용 고속절삭 bur를 이용하여 치근에 썬기모양의 유지형태를 부여하였다. 만능시험기(Instron Co.

Model 4301)에 장착하여 접착강도를 측정하기 위해, 치과용 석고를 조각하고, 비닐 폴리실록산 인상재(Exaflex, Type O putty, GC)를 이용하여 “凸”모양의 능형을 제작하고 아크릴릭 레진(Orthodontic Resin, Densply)을 주입한 후 두 개의 치아를 레진 블록과 치축이

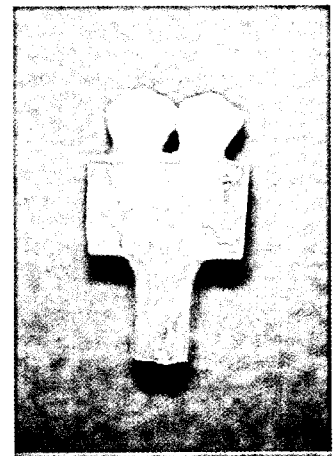


Fig. 1. Test sample

평행하도록 치경부까지 매몰하여 레진 블록을 제작하였다(Fig. 1). 치아를 식립하여 제작한 치아시편을 직접 접착식 보정장치용 상하악 소구치 시편 각각 20개와 간접 접착식 보정장치용 상하악 소구치 시편 각각 20개로 나누어 생리식염수에 보관하였다.

2) 접착면적의 표준화 및 강선의 접착

준비된 시편을 접착방법 및 강선의 종류에 따라 각각 8개 군으로 나누었는데, 각 군은 상하악 소구치 시편 5개씩으로 구성되어 있으며, 자세한 구성은 Table 1과 같다.

시편의 각 치아에 8mm 간격의 점을 찍어 표시하고, 각 종류의 강선을 8mm 길이로 절단하여 준비하였다.

직접접착에 사용할 시편에서는 지름 3mm의 원형 스티커를 표시점을 중심으로 부착한 후 검은색 매니큐어를 덧칠하여 접착면적을 균일화했다. 균일화된 접착면을 불소가 함유되지 않은 페미스를 이용하여

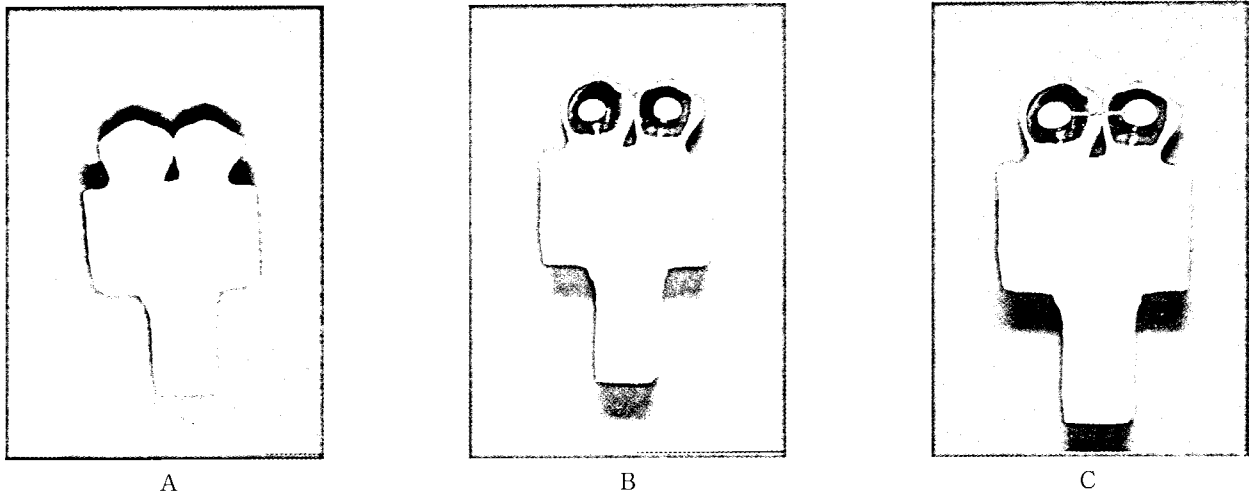


Fig. 2. Fabrication of direct-bonded retainer. A : Adhesion of stickers, B : Uniformization of adhesion area, C : Direct bonding.

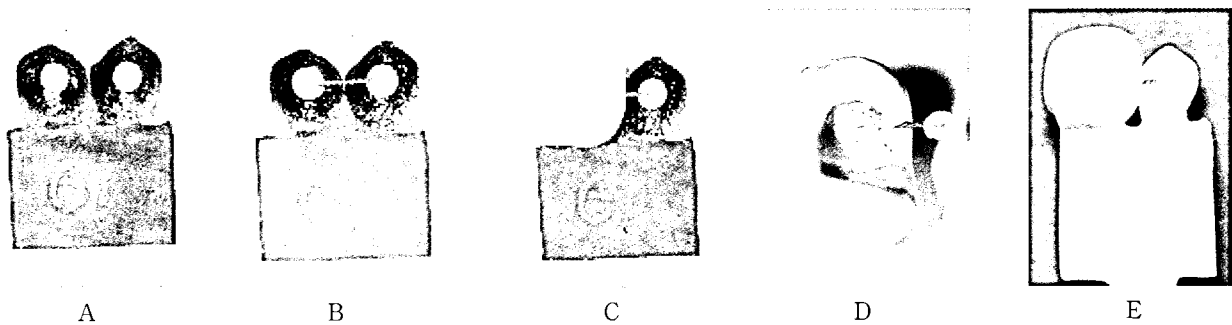


Fig. 3. Fabrication of indirect-bonded retainer. A : Marking on bonding area., B : A retainer bonded to the stone model.
C : Fabrication of transfer tray, D : Completed transfer tray, E : The completed test sample by Indirect bonding.

세마하고 건조시킨 후 37% phosphoric acid로 30초간 산부식을 시행하였다. 다시 20초간 세척하고 치면을 완전히 건조시킨 뒤, 산부식된 치아 표면에 primer를 얇게 도포하고 20초간 광중합하였다. 최종적으로 콤포지트를 접착면 위에 위치시키고 표시점에서 표시점까지 강선을 위치시킨 후 붓을 이용하여 콤포지트를 일정한 돔모양으로 재형성하고 40초간 광중합을 시행하였다(Fig. 2).

간접접착에 사용할 시편은 알지네이트 인상재를 이용하여 인상을 채득하여 yellow stone 모델을 제작하였다. 모델에 8 mm 간격의 점을 찍어 접착지점을 표시하고, 표시점을 중심으로 지름 3 mm의 원형스티커를 부착하였다. 검은색 스프레이형 페인트를 이용하여 모델을 착색시킨 후 스티커를 떼어내어 일정한 접착면적을 표시하였다. 표시된 접착면에 분리제를

얇게 도포하고 콤포지트와 강선을 표시점에 맞추어 위치시키고 콤포지트를 돔모양으로 재형성한 후 40초간 광중합을 시행하였다. 비닐 폴리실록산 인상재 (Exafflex, Type O putty, GC)을 이용하여 한쪽 콤포지트와 치아 협면 및 교합면 형태를 인기하여 transfer tray를 제작하였다. Transfer tray를 콤포지트와 연결된 강선과 함께 모델에서 분리시키고 콤포지트의 접착면을 퍼미스를 이용하여 세마한 후 마이크로 에처(microetcher)를 이용하여 1초간 sandblasting을 시행하였다. 치아시편은 통상의 방법으로 치아 세마, 부식 및 건조를 시행하여 준비하였다. 콤포지트의 접착면에 primer를 얇게 도포하고 치아시편에 위치시킨 후 transfer tray에 포함되지 않은 콤포지트에 20초간 광중합을 시행한 후, transfer tray를 제거하고 나머지 콤포지트에 20초간 광중합을 시행하였다(Fig. 3).

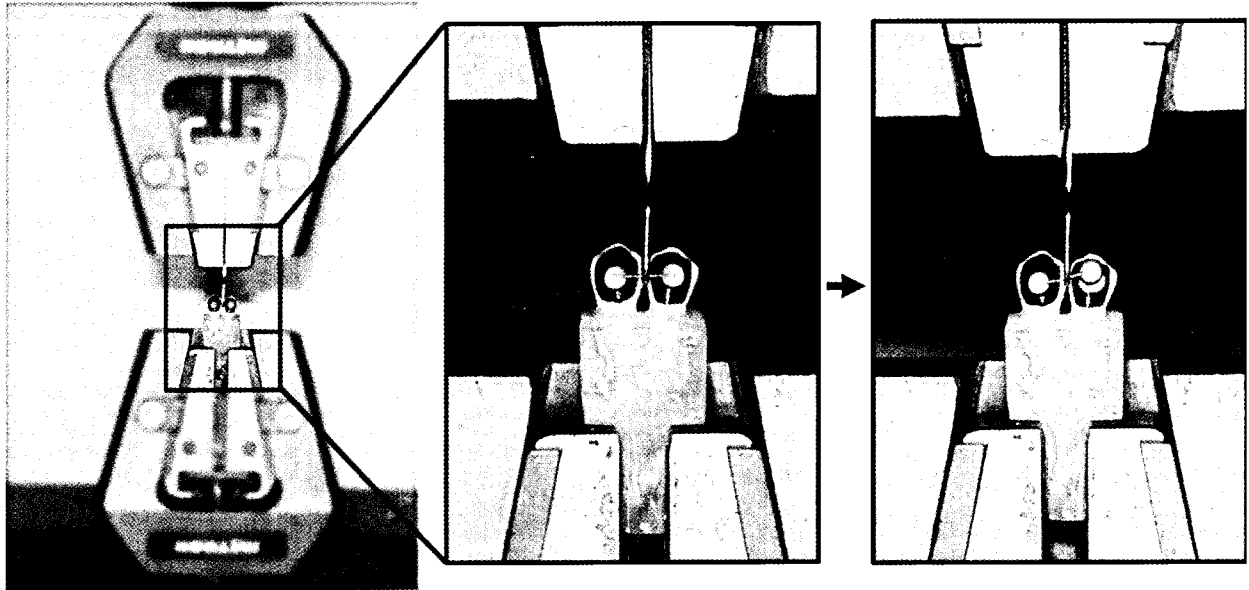


Fig. 4. Measurement of shear bond strength.

위와 같이 제작된 80개 시편의 콤포지트 두께를 동일하게 하기 위해서 강선의 접착전과 접착후의 치아 협설 두께를 측정하고, 강선 접착 후 저속 fissure bur를 사용하여 콤포지트를 1 mm 두께로 삭제하였다.

3) 전단결합강도의 측정

전단결합강도를 측정하기 위해 만능시험기(Instron Co. Model 4301)에 시편을 위치시키고, 1.0 mm 강선으로 제작한 고리를 이용하여 강선의 중앙에서 1.0 mm/min의 속도로 힘을 가하여 접착력 및 강선의 탈락사까지의 강선의 신장량을 측정하였다(Fig. 4).

4) 통계처리

본 실험에서는 전체 8군의 전단접착강도가 측정되었는데 각 군의 시편 수는 10개씩이었다. 총 80개의 시편 중 탈락 양상이 다른 6개의 시편을 통계처리에서 제외하고, 총 74개의 시편을 사용하여 통계처리를 실시하였다. 통계처리에서 제외된 측정치는 Table 2에서 #자로 표시하였다. 측정된 항목에 대하여 SAS (version 8.1)를 이용하여 통계처리를 시행하였다. 강선의 종류와 부착방법에 따른 전단접착강도 및 신장량을 비교하기 위해 분산분석(ANOVA : ANalysis Of VAriance)과 Student *t*-test를 사용하였다. 8개군의 분산분석시 유의한 경우, 각각의 군에 대해 Tukey

의 다중비교를 시행하였다.

III. 연구결과

4종의 강선과 2가지 부착방법을 사용하여 치면에 대한 접착식 보정장치의 전단결합 강도를 측정하였다(Table 2).

80개 시편의 파절은 모두 편측의 시편에서 먼저 발생하였으며, 그 양상은 3가지로 나누어 볼 수 있었다. 74개의 시편에서 콤포지트 내 파절을 보였으며, 6개의 시편에서 치면과 콤포지트 계면에서의 파절을 보였고, 1개의 시편에서는 콤포지트 내 파절 및 강선과 콤포지트 계면에서의 접착실패를 함께 보여 주었다.

(1) 접착강도

강선의 종류 및 부착방법에 따라 분류된 각 8군의 평균 최대접착강도를 아래 표로 나타내었다(Table 3).

간접접착 방법으로 접착한 6가닥, .0155인치의 강선에서 가장 큰 최대 접착강도를 보여 주었고, 직접접착 방법으로 접착한 3가닥, .0195인치의 강선에서 가장 작은 최대 접착강도를 보여 주었고, 통계적으로 유의

Table 2. Shear bond strength and extension of wire according to the type of wire and bonding method.

Group	Shear bond strength (kg)	Extension (mm)	Group	Shear bond strength (kg)	Extension (mm)	
A	1	2.242	0.7	41	3.624	1.33
	2	3.221	0.85	42	5.262	1.71
	3	2.711	0.78	43	4.282	1.06
	4	4.752	1.55	44	3.812	1.11
	5	2.98	0.81	45	2.537	0.7
	6	3.49	0.8	46	3.423	0.68
	7	3.96	0.84	47	3.503	0.65
	8	3.732	0.58	48	3.235	0.64
	9	2.644	0.46	49	4.403	0.64
	10	3.168	0.48	50	3.503	0.6
B	11 [#]	2.631	0.7	51	3.302	1.12
	12 [#]	3.557	0.77	52	4.43	1.38
	13	2.792	0.76	53	4.577	1.2
	14	3.544	0.86	54	3.624	0.98
	15	3.423	1.09	55	4.577	1.14
	16	2.43	0.64	56	3.758	0.81
	17	4.322	1.05	57	3.248	0.98
	18	3.597	0.91	58	4.268	0.98
	19	3.477	0.83	59	3.557	0.86
	20	4.349	0.87	60	4.779	0.99
C	21	3.919	1.6	61	5.705	3.75
	22	2.94	0.88	62	4.899	2.04
	23 [#]	2.201	0.58	63	4.805	1.62
	24	5.22	2.24	64	4.752	1.93
	25	4.295	1.2	65	4.953	1.21
	26	2.913	0.69	66	4.725	1.0
	27	4.215	0.59	67	3.919	0.7
	28	4.107	1.05	68	3.45	0.82
	29	2.591	0.56	69	4.309	0.92
	30 [#]	3.49	0.95	70	3.463	0.8
D	31	5.812	1.43	71	2.322	0.91
	32	4.564	1.65	72	5.154	1.66
	33 [#]	1.289	0.63	73	4.644	1.82
	34	5.087	1.88	74	6.752	1.88
	35	4.872	1.88	75	3.208	1.51
	36	4.685	0.95	76	3.691	0.95
	37	4.94	1.58	77	4.926	1.24
	38	3.168	1.85	78 [#]	1.825	0.49
	39	3.96	1.94	79	2.523	0.7
	40	4.483	1.21	80	5.007	1.38

: The measurement that excluded from statistical analysis.

Table 3. The mean shear bond strength of each group.

Group	N	Mean (kg)	S.D.	F-value	P-value
A	10	3.55	0.99	2.81	0.0128
B	10	3.51	0.47		
C	8	3.78	0.69		
D	10	3.78	0.68		
E	9	4.61	1.08		
F	9	3.74	0.66		
G	9	4.71	1.64		
H	9	4.15	1.11		

Table 5. The mean bond strength according to bonding method.

Bonding method	N	Mean (kg)	S.D.	P-value
Direct	38	3.65	0.71	0.0018
Indirect	36	4.30	0.99	

한 차이를 보여주었다($p < 0.05$). 그러나 다중비교시 각각의 그룹을 비교하면 통계적 유의차를 볼 수 없었다(Table 4).

(2) 접착방법에 따른 접착강도 비교

두 가지 다른 접착방법에 따른 최대 접착강도를 비교하였다(Table 5). 간접 접착술식에서 직접 접착술식보다 더 큰 최대 접착강도를 나타내었으며, 통계적 유의성을 보여 주었다($P < 0.05$).

(3) 강선의 신장량

강선의 종류 및 부착방법에 따라 분류된 각 8군에서 강선의 탈락시 평균 신장량을 나타내었다(Table 6).

간접 접착술식으로 접착한 6가닥, .0155인치 강선이 탈락 전 가장 많은 신장량을 보여 주었고, 직접 접착술식으로 접착한 3가닥, .0195인치 강선이 가장 적은

Table 4. Tukey grouping of shear bond strengths.

Tukey Grouping	Mean	N	Group
A	4.7128	9	G
A	4.6098	9	E
A			
A	4.1537	9	H
A			
A	3.7836	8	C
A			
A	3.7785	10	D
A			
A	3.7436	9	F
A			
A	3.5483	10	A
A			
A	3.5061	10	B
A			

Table 6. The mean extension measurements of each group.

Group	N	Mean (mm)	S.D.	F-value	P-value
A	10	1.06	0.36	10.53	<0.0001
B	10	0.64	0.12		
C	8	1.07	0.20		
D	10	0.89	0.19		
E	9	1.83	0.84		
F	9	0.79	0.17		
G	9	1.62	0.32		
H	9	1.31	0.42		

신장량을 보였으며, 강선의 가닥수와 부착방법에 따라 강선의 신장량은 통계적으로 유의한 차이를 보여 주었다($p < 0.05$). 각각의 그룹에 대해 다중비교하였다(Table 7).

Table 7. Tukey grouping of extension lengths.

Tukey Grouping	Mean	N	Group
A	1.8300	9	E
A			
B A	1.6244	9	G
B A			
B A C	1.3111	9	H
B C			
B D C	1.0663	8	C
D C			
D C	1.0600	10	A
D C			
D C	0.8920	10	D
D C			
D C	0.7922	9	F
D C			
D	0.6370	10	B

(4) 접착방법에 따른 신장량 비교

두 가지 다른 접착방법에 따른 신장량을 비교하였다(Table 8). 간접 접착술식에서 직접 접착술식보다 더 큰 신장량을 나타내었으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보여 주었다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고안

접착식 설측 보정장치는 다양한 종류의 강선으로 제작되어 왔다. Zachrisson⁴⁾은 .032-.036인치(inch) 원형강선으로 제작한 설측 견치간 보정장치에 관한 임상연구에서 설측 접착식 유지장치는 환자의 적응도가 높으며 실패율이 낮다고 하면서 가늘고 유연한 여러가닥 강선(지름 .015-.021인치)을 이용한 설측 접착식 보정장치의 사용을 제안했다. 설측 견치간 보정장치는 전치부 공간 과잉이나 교정치료 후 치아이동 가능성이 많은 성인 환자, 회전된 치아 증례에서 교정 후 보정장치로 사용하기에는 부적합하다. Zachrisson⁵⁾은 .015-.020인치 직경을 가지는 유연한 여러가닥 강선을 사용하여 6전치 모두에 접착하는 보정장치

Table 8. The mean extension measurement according to bonding method.

Bonding method	N	Mean (kg)	S.D.	P-value
Direct	38	0.91	0.28	0.0001
Indirect	36	1.39	0.62	

를 소개하였으며, Dahl과 Zachrisson²⁾은 유연한 여러가닥 강선을 이용한 직접 접착식 설측 보정장치의 장기간 임상연구에서 이러한 보정장치의 우수한 효과에 대해 보고했다. 접착식 설측 보정장치의 제작시 유연한 여러가닥 강선이 선호되는 이유⁶⁾는 이 강선의 언더컷은 기계적 결합력을 증대시키고, 유연성⁷⁾은 치아의 생리적인 움직임을 허용하여 치아-컴포지트 계면에서의 접착의 실패나 강선 혹은 컴포지트의 파절이 없는 한 임상적으로 아주 우수한 효과를 보여주었기 때문이다. 그 외에도 이러한 접착식 설측 보정장치의 많은 변형들이 소개되었다. 이러한 것들에는 다른 종류 및 직경의 강선⁸⁻¹¹⁾을 사용하거나, 다른 종류의 컴포지트를 사용한 접착식 보정장치¹²⁻¹⁵⁾, mesh pad를 사용한 접착식 보정장치¹⁶⁻¹⁷⁾, 치관내 wire ligation을 시행하고 그 위로 컴포지트를 덮은 장치¹⁸⁻¹⁹⁾, 치관외 wire ligation을 시행하고 그 위로 컴포지트를 덮은 장치²⁰⁾, 컴포지트와 mesh만을 사용한 장치²¹⁾, resin fiberglass strip을 사용한 장치²²⁻²³⁾들이 포함된다.

현재까지 여러가닥 강선을 사용한 접착식 보정장치의 연구들을 종합¹⁾하여 볼 때, 두 가지 형태의 보정장치가 가장 널리 사용되고, 발전되어 왔다. 그 중 하나가 설측 견치간 접착식 보정장치이며, 다른 하나가 유연한 강선으로 제작한 접착식 보정장치이다. 여러가닥 강선의 대체물로서 소개된 resin fiberglass strip은 부피가 작다는 장점이 있는 반면 너무 단단한 스프린트를 형성하고 생리적인 치아이동을 허용하지 못하여 탈락율이 높다는 단점이 있어 널리 사용되지는 못하고 있다.

이에 본 실험에서는 널리 사용되고 있는 두 가지 형태의 접착식 보정장치 중 견치간 보정장치의 여러가지 제한 요소를 보완한 6전치 모두에 접착하는 설측 접착식 보정장치를 채택하였고, 이 장치에 사용되는 접착방법 및 여러가닥 강선의 직경, 가닥수를 달리 하여 접착강도 및 탈락시까지 강선의 신장량을 측정하였다.

접착식 보정장치의 접착강도에 영향을 미치는 요

소로 정확한 강선의 위치선정 및 콤포지트의 중합시 강선의 안정된 고정을 들 수 있다. 이를 위해서 여러 간접 접착술식들^{14,15,24-33}이 소개되었다. Lubit²⁴는 silastic tray를 이용한 .036 원형강선의 정확한 위치선정 방법을 소개하였고, Orsborn²⁵은 접착식 보정장치의 정확한 제작을 위해 metal die를 사용할 것을 주장했다. 이에 Bantleon과 Droschl²⁶은 metal die상에서 정확한 강선의 제작과 heavy body silicon을 이용한 간접 접착술식을 제안하였다. 강선의 정확한 위치선정을 위해 Becker와 Goultschin²⁷과 Lew²⁸는 아크릴릭 stop을 이용하였고, Adenwalla와 Attazadeh²⁹는 0.16인치 wire-tack을 합착하여 사용하였다. 1988년 Ferguson¹³은 광중합 콤포지트와 silicon putty를 이용한 간접접착을 소개한 이래, Rossouw과 Joseph¹⁴은 Transbond와 Bioplast sheet를, Hobson과 Eastaugh¹⁵는 Transbond와 silicon putty splint를 이용한 강선의 간접접착술식을 제안하였다.

접착식 보정장치의 제작에서 수복용 재료와 교정용 접착재료를 포함한 다양한 재료들이 사용되어 왔는데, 접착시 사용하는 콤포지트에 따라 장치의 접착강도 및 내구성이 달라진다. 그 중 Concise(3M Unitek Corp., Monrovia, Calif.)는 Bis-GMA 계열의 전통적인 수복용 콤포지트이며, 접착식 보정장치의 제작에 가장 널리 사용되어 온 재료이다. Schulz 등³⁴은 교정장치 및 강선의 부착시 Concise의 우수성을 보여주었다. 그러나 Concise는 자가중합형 콤포지트로 작업시간에 제한이 있고, 중합시간동안 강선의 고정이 아주 중요하며, 중합 후 여분의 레진을 제거해야 하는 단점이 있다. 이에 광중합형 콤포지트를 사용해야 할 필요성이 대두되었다. Hamula³⁵, Rossouw와 Joseph¹⁴, Hobson과 Eastaugh¹⁵는 접착식 보정장치의 제작시 Concise Orthodontic과 같은 종류의 필러를 가지는 광중합형 교정용 접착제인 Transbond(3M Unitek, REF 712-035)를 사용하였다. 1997년 Beam³은 5가지의 콤포지트를 사용한 그의 실험적 연구에서 Concise Orthodontic이 가장 높은 강선과의 결합력을 보였으며, Concise Orthodontic과 Transbond가 하이브리드 구치부 콤포지트에 비할 만한 강도를 보인다고 했다. 또한 여러가닥 강선을 사용시 특별한 유지 루프가 불필요하다는 것을 보여 주었고, 그는 강선을 덮고 있는 콤포지트의 두께 증가는 콤포지트와 강선을 분리시킬 때 필요한 힘의 크기와 비례하나, 1.0mm보다 더 두꺼운 composite는 임상적으로 큰 의미가 없음을 보여주었다. 이에 본 실험에서 모든 콤포지트의 두께는

1.0 mm로 동일하게 제작하였다.

(1) 접착강도

통계적으로 유의할 만한 큰 차이를 보이지는 않으나, 6가닥, .0155인치의 강선에서 가장 큰 최대 접착강도를 보이고, 3가닥, .0195인치의 강선에서 가장 작은 최대 접착강도를 보였는데, 이는 Zachrisson²의 임상적 연구에서 Penta One이 가장 낮은 실패율을 보인다는 결과와 일치한다. 같은 직경의 선재를 여러가닥으로 사용하면 강도는 증가되지만 탄성은 상대적으로 영향을 덜 받는다³⁶는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 또한 Kusy와 Stevens⁷는 3가닥 강선에 대한 그의 실험적 연구에서 직경이 증가함에 따라 유연성이 감소한다는 것을 보여주었다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 본 실험에서는 가장 유연한 강선을 접착하였을 때 가장 강한 접착력을 보였다고 할 수 있을 것이다. 그러나 그 차이는 아주 미약한 정도이므로 임상적으로 큰 의미를 가지지는 않을 것으로 사료된다. Reynold³⁷에 의하면 접착식 교정장치는 교합력에 저항하기 위하여 60-80kg/cm²을 견뎌야 한다고 하였고, Waters³⁸의 보고에 의하면 단일치에 가해지는 최대 교합력은 265N이며, 정상적으로 3-18N의 교합력이 가해진다는 점을 고려해 볼 때, 접착식 보정장치는 정상적인 교합력에는 견딜만한 접착강도를 나타내나 가능한 교합력이 가해지는 점을 피하여 접착하여야 할 것이다.

Hoceva와 Vincent³⁹는 교정용 브라켓을 사용한 실험에서 두 가지 접착방법간 접착강도가 차이가 없다고 한 반면, Zachrisson과 Brobakken⁴⁰의 연구에서는 간접 접착법의 실패율이 2배 정도나 높았다고 보고하였고, Aguirre 등⁴¹은 오히려 간접 접착법의 실패율이 더 낮았고, 또한 진단강도를 비교한 결과 대상에 따라 다양한 결과를 보였다고 하였다. 그러나 접착식 보정장치의 접착방법에 따른 접착강도에 대한 연구는 없었다. 본 연구에서는 두 가지 접착방법의 비교에서 간접 접착술식을 사용했을 때 더 큰 접착강도를 보였다. 이러한 접착방법간에 이는 두 가지 접착방법상의 차이에 의해 광중합 시간이 달라진 것이 첫 번째 기여요인일 가능성이 있다고 판단된다. 두 번째 기여요인으로 들 수 있는 것은 접착면적의 차이로, 접착면적을 제한하는 방법에 있어 두 방법이 완전히 동일해 질 수 없었기 때문이다. 그러나 탈락양상의 대부분이 콤포지트의 파절로 인한 것이라는 점을 고려해 볼 때

두 번째 기여요인은 제외시킬 수 있을 것으로 판단된다. 결론적으로 간접 접착시에도 직접 접착을 능가하는 접착강도를 보이고, 중합동안 강선의 고정이 우수하며, 빠르고 정확한 강선의 위치선정의 장점이 있으므로, 이를 임상에서 응용시 훌륭한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 강선의 신장량

3가닥, .015인치의 강선에서 가장 큰 신장량을 보여 주었고, 3가닥, .0195인치 강선에서 가장 작은 신장량을 보여 주었다. 강선의 직경과 가닥수에 따른 신장량을 각각 비교해 보았을 때, 강선의 직경이 작을수록 신장량은 크게 나타났으며, 강선의 가닥수와 신장량은 통계적 연관성이 미약했다. 이는 직경에 따른 강선의 유연성과 신장량이 깊은 연관성이 있을 것으로 판단된다. 강선이 유연할수록 교합력에 의한 더 많은 변위를 허용할 수 있으며, 치아의 생리적인 이동을 더 쉽게 허용함으로써 접착식 보정장치의 안정성을 높일 수 있을 것이며, 약한 강도에 의한 치아이동 가능성이 있을 것으로 사료된다.

접착방법에 따른 신장량 비교에서는 간접 접착술식에서 더 큰 신장량을 보이는 것으로 나타났다. 이는 최대 접착강도 측정의 결과와 연관되어, 더 큰 접착강도로 인해 더 큰 신장량을 보였다고 생각된다.

(3) 파절양상

1982년 Gottlieb 등⁴²⁾은 법랑질에 콤포지트의 접착력은 10-20MPa이라 하였다. Ballesteros 등⁴³⁾은 순수 타액에 의한 단순한 침습은 콤포지트의 접착강도에 크게 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Cassidy와 Storie⁴⁴⁾는 타액에 오염되더라도 철저히 씻어낸다면 전단접착강도에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 이러한 사실로부터 우리는 적절한 조건에서의 접착시 레진의 파절에 의한 탈락을 예상할 수 있다. 본 실험에서는 6개 시편에서 치아-콤포지트 계면에서의 접착실패가 나타났으며, 이는 수분오염 등의 이상적이지 못한 접착술식, 혹은 비정상적인 법랑질상태에 의한 것으로 판단하였다. 그리고 본 연구에서는 콤포지트에 직접 힘을 가한 것이 아니라 콤포지트 사이의 강선에 힘을 가하였으므로 힘은 강선-콤포지트 계면에 직접적으로 가해질 것이며, 이는 콤포지트의 파절에 의한 탈락을 뒷받침하는 것이라 할 수 있다. 임상

적으로 접착식 보정장치의 탈락양상은 불충분한 접착제 혹은 마모에 의한 접착제 소실로 인해 강선과 콤포지트 사이에서 가장 많이 일어난다고 보고되고 있다¹⁾. 그러나 임상적으로 치아-콤포지트 계면에서의 탈락이 많이 관찰된다. 이것은 구강내에서 보정장치의 접착시 일어날 수 있는 수분오염과 불충분한 산부식, 비정상적인 법랑질, 너무 두꺼운 primer 등에 의한 것으로 생각되며, 세심한 접착술식을 사용함으로써 개선할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 콤포지트의 마모에 대해서는 고려하지 않고 강선종류 및 접착방법에 따른 접착식 보정장치의 순수한 접착강도에 대해서만 논의하였다. 그러나 콤포지트의 종류 또한 접착식 보정장치의 접착강도에 큰 영향을 미칠 수 있으므로, 차후 콤포지트의 종류에 따른 연구가 더 필요하리라 생각된다.

일반적으로 접착식 보정장치는 6전치 모두에 접착되며, 이는 두 치아에 접착하여 접착강도를 측정된 본 연구와 차이가 있을 것이다. 또한 하악 설측의 접착식 보정장치의 탈락은 콤포지트의 마모와 미세한 생리적인 치아동요 등에 의한 콤포지트 내의 지속적인 피로누적으로 인해 발생한다고 생각할 수 있다. 이 또한 본 연구와 차이를 보이는 부분이며, 이들 요소를 고려한 뒤이은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

강선의 종류 및 접착방법을 달리하여 제작한 접착식 보정장치의 접착강도 및 탈락시까지의 신장량을 측정하여, 접착식 보정장치의 제작시 사용하는 이상적인 강선과 접착방법을 제시하고자 연구를 시행하였다. 교정치료를 위해 발거한 상하악 소구치 160개를 사용하여 제작한 80개의 시편상에 접착식 보정장치를 제작하여 접착강도 및 강선의 신장량을 측정하고 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 6가닥, .0155인치의 강선에서 가장 큰 최대 접착강도를 보이고, 3가닥, .0195인치의 강선에서 가장 작은 최대 접착강도를 보였는데, 그 차이는 유의할 만큼 크지 않았다($p < 0.05$). 즉 강선의 직경 및 가닥수는 접착강도에 큰 영향이 없다.
2. 3가닥, .015인치의 강선에서 가장 큰 신장량을 보여 주었고, 3가닥, .0195인치 강선에서 가장 작은 신장량을 보여 주었다($p < 0.05$). 강선의 직경이 작을수록 신장량은 크게 나타났으나, 강선의 가닥수는 신

장량과 큰 연관성이 없다.

3. 두 가지 접착방법의 비교에서 간접 접착술식을 사용했을 때 더 큰 접착강도 및 신장량을 보여 주었고, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

이상의 결과에서 강선의 종류와 접착강도는 연관성이 미약하다는 것을 알 수 있으며, 신장량과 직경은 반비례한다는 것을 알 수 있다. 간접 접착술식은 임상에서 응용시 직접 접착술식에 비해 여러 가지 장점이 있으며, 그 접착강도 또한 직접 접착술식에 비해 떨어지지 않는다는 것을 알 수 있다.

교정적으로 이동한 치아나 동요도가 있는 치아를 그 위치에 유지하기 적당한 강도를 지니는 강선이 필요할 것이다. 이러한 목적을 위해서는 직경이 큰 강선을 사용하는 것이 좋다고 생각되며, 직경 증가에 따른 신장량의 감소, 환자의 불편감등을 고려하여 강선을 선택하여야 할 것이다. 또한 보정장치의 접착시 광중합형 콤포지트를 이용한 간접 접착술식을 이용한다면 진료시간의 단축뿐 아니라 우수한 안정성을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Beam DR. Bonded orthodontic retainers : a review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995 ; 108 : 207-13.
- Dahl EH, Zachrisson BU. Long-term experience with direct-bonded lingual retainers. *J Clin Orthod* 1991 ; 25 : 619-32.
- Beam DR, McCabe JF, Gordon PH, Aird JC. Bonded orthodontic retainers : the wire-composite interface. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997 ; 111 : 67-74.
- Zachrisson BU. Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod* 1977 ; 71 : 440-8.
- Zachrisson BU. The bonded lingual retainer and multiple spacing of anterior teeth. *J Clin Orthod* 1983 ; 17 : 838-44.
- Graber TM, Vanasdale RL. *Orthodontics : Current principles and techniques*. St Louis : CV Mosby, 1994 : 583-623.
- Kusy RP, Stevens LE. Triple-stranded stainless steel wires - Evaluation of mechanical properties and comparison with Titanium alloy alternatives. *Angle Orthod* 1987 ; 57 : 18-32.
- Al-Emran S, Hashim H. A chairside bonded lingual retainer. *J Clin Orthod* 1997 ; 31 : 358-60.
- Axelsson S, Zachrisson BU. Clinical experience with direct-bonded labial retainers. *J Clin Orthod* 1992 ; 26 : 480-90.
- Cohen SM, Cassalia B, Hayes R. Direct-bonded lingual retainer with a new twist. *J Clin Orthod* 1994 ; 28 : 538.
- Jacoby H. Semi-indirect bonded lingual retainer. *J Clin Orthod* 1989 ; 23 : 171-5.
- Corti AF. An indirect-bonded lingual retainer. *J Clin Orthod* 1991 ; 25 : 631-2.
- Ferguson JW. Multistrand wire retainers : an indirect technique. *Br J Orthod* 1988 ; 15 : 51-4.
- Rossouw PE, Joseph VP. Indirect fabrication of a bonded lower lingual retainer. *J Clin Orthod* 1992 ; 26 : 413-5.
- Hobson RS, Eastaugh DP. Silicon putty splint for rapid placement of direct-bonded retainers. *J Clin Orthod* 1993 ; 27 : 536-7.
- Chen RS. Prefabricated bonded mandibular retainer. *J Clin Orthod* 1978 ; 12 : 788-9.
- Weisser JI. Bondable twin lower 3-3 retaining arch. *J Clin Orthod* 1978 ; 12 : 557-60.
- Greenfield DS, Nathanson D. Periodontal splinting with wire and composite resin. A revised approach. *J Periodontol* 1980 ; 51 : 465-8.
- Klassman B, Zucker HW. Combination wire-composite resin intracoronal splinting, rationale and technique. *J Periodontol* 1976 ; 47 : 481-6.
- Stoller NH, Green PA. A comparison of a composite restorative material and wire ligation as methods of stabilizing excessively mobile mandibular anterior teeth. *J Periodontol* 1981 ; 52 : 451-4.
- Gazit E, Lieberman MA. An esthetic and effective retainer for lower anterior teeth. *Am J Orthod* 1976 ; 70 : 91-3.
- Diamond M. Resin fiberglass bonded retainer. *J Clin Orthod* 1987 ; 21 : 182-183.
- Orchin JD. Permanent lingual bonded retainer. *J Clin Orthod* ; 24 : 229-31.
- Lubit EC. The bonded lingual retainer. *J Clin Orthod* 1979 ; 13 : 311-3.
- Orsbom DB. Bonded lingual retainers. *Am J Orthod* 1983 ; 83 : 218-20.
- Bantleon HP, Droschl H. A precise and time-saving method of setting up an indirectly bonded retainer. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 ; 93 : 78-82.
- Becker A, Goultzschin J. The multistranded retainer and splint. *Am J Orthod* 1984 ; 85 : 470-4.
- Lew KK. Direct-bonded lingual retainer. *J Clin Orthod* 1989 ; 23 : 490-1.
- Adenwalla ST, Attarzadeh F. The bonded mandibular lingual retainer. *Br J Orthod* 1986 ; 13 : 159-63.
- Oliver RG, Richards BH. Customized jig for a bonded palatal retainer : a case report. *Br J Orthod* 1995 ; 22 : 191-4.
- Read MJF. The bonding of orthodontic attachments using a visible light cured adhesive. *Br J Orthod* 1984 ; 11 : 16-20.
- Read MJF, O'Brien KD. A clinical trial of an indirect bonding technique with a visible light-cured adhesive. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990 ; 98 : 259-62.
- Thomas RG. Indirect bonding : simplicity in action. *J Clin Orthod* 1979 ; 13 : 93-106.
- Schulz RP, Mayhew RB, Oesterle LJ, Pierson WP. Bond strength of three resin systems used with brackets and embedded wire attachments. *Am J Orthod* 1985 ; 87 : 75-80.
- Hamula W. Direct bonding with light-cured adhesive. *J Clin Orthod* 1991 ; 25 : 437-8.
- Proffit WR, Fields HW. *Contemporary orthodontics*. St Louis : CV Mosby, 2000 : 529.
- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975 ; 2 : 171-8.
- Waters NE. Some mechanical and physical properties of teeth. *Symp Soc Exp Biol* 1980 ; 34 : 99-135.
- Hocevar RA, Vincent HF. Indirect versus direct bonding : bond strength and failure location. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998 ; 94 : 367-71.
- Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod* 1978 ; 74 : 62-78.
- Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod* 1982 ; 82 : 269-76.

42. Gottlieb EW, Retief DH, Jamison HC. An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part 1 : Tensile bond strength studies. J Prosthet Dent 1982 : 48 : 48-51.
43. Ballesteros TJ, Duke ES, Norling BK, Mayhew RB. The influence of

- contamination on the bond strength of an etched resin-bonded retainer. JADA 1986 : 112 : 359-61.
44. Cassidy AJ, Storie DQ. Saliva contamination and resin bonding of etched metal retainers. J Prosthet Dent 1987 : 57 : 29-32.

- ABSTRACT -

A study of shear bond strength of bonded retainer according to the bonding method and type of wires.

Hyoung-Cheol Lee, Woo-Sung Son

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

The bonded orthodontic retainer constructed from composite and multistrand orthodontic wire provides an esthetic and efficient system for maintained retention. This study was designed to measure shear bond strength of bonded retainers and to suggest a optimal combination of a multistrand wire and bonding method used when bonded retainer was fabricated. 160 sound maxillary and mandibular premolars were used for 80 test samples. After Uniformizing bonding area, length of wire, and thickness of composite, multistrand wire was bonded to fabricated a bonded retainer by direct or indirect bonding method. Shear bond strength and extension length of each sample were measured by a universal testing machine.

The results of this study were as follows :

1. In vitro shear bond testing found 6-stranded, 0.0155 inch wires to have the largest shear bond strength and 3-stranded, 0.0195 inch wires to have the least shear bond strength. But, These difference was not statistically significant($p < 0.05$).
2. In vitro extension testing found 3-stranded, 0.0155 inch wires to have the largest extension length and 3-stranded, 0.0195 inch wires to have the least extension length($p < 0.05$). The larger diameter wire was used, the larger extension length was shown. But, the strand of wire is not related to the extension length of wire.
3. In comparison with direct bonding method, larger shear bond strength and extension length was shown in indirect bonding method($p < 0.05$).

KOREA. J. ORTHOD. 2002 : 32(2) : 143-53

※ **Key words** : Bonded retainer, Type of wires, Bonding method, Bond strength