

치아의 견인을 위한 버튼 접착시 오염이 인장강도에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 소아치과학교실

김성오 · 최병재 · 이제호 · 손홍규

Abstract

TENSILE STRENGTHS OF PRE-LIGATURED BUTTON WITH SEVERAL TYPES OF CONTAMINATION IN DIRECT BONDING PROCEDURE WHICH CAN HAPPEN DURING THE SURGICAL EXPOSURE OF UNERUPTED TEETH

Seong-Oh Kim, Byung-Jai Choi, Jae-Ho Lee, Heung-Kyu Sohn

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

We already know that it is very difficult to obtain an 'isolated field' for direct bonding during the surgical exposure of unerupted teeth. The aim of this in-vitro study is to simulate the clinical situation of forced eruption and to evaluate the tensile strengths of pre-ligatured button with several types of contamination which can happen during the surgical exposure of unerupted teeth.

Four orthodontic direct bonding systems were used. (Ortho-One™, Rely-a-Bond®, Ortho-Two™, Phase II®) Each material was divided into four groups($n=20$): Group 1. (Control, no contamination), Group 2. (Rinse etching agent with saline instead of water), Group 3. (Blood contamination of etched surface for 30 seconds), Group 4. (Blood contamination of primed surface for 30 seconds)

320 bovine anterior permanent teeth were divided into the above mentioned 16 groups. Enamel surface was flattened and ground under water coolant. Pre-ligatured buttons were prepared to the same form. (Cut 0.25 ligature wire 10 cm in length. Twist the ligature wire 30 times clockwise. Mark the wire 15mm and 35mm points from button. Make a loop sticking two points together and twist the loop 6 times counterclockwise.) The bonded specimens were stored at 37°C saline solution for 3 days. Then the tensile strength of each sample was measured with Instron universal testing machine, crosshead speed of 0.5mm/min. The following results were obtained:

- As compared to control groups (Group 1) of each material, Rely-a-Bond had a significantly lower mean tensile strengths than other material. ($p<0.01$)
 - In Group 2. of Ortho-One and Rely-a-Bond, the mean tensile strengths decreased about 7.7% and 11.1%, respectively with statistical significances. ($p<0.05$)
 - In Group 2. of Ortho-Two and Phase II, the mean tensile strengths did not decrease.
 - In Group 3. of Ortho-One, Rely-a-Bond, Ortho-Two, and Phase II, the mean tensile strengths decreased about 60.8%, 56.1%, 60.2%, and 46.0%, respectively with statistical significances. ($p<0.01$)
 - In Group 4. of Ortho-One and Rely-a-Bond, the mean tensile strengths did not decrease.
 - In Group 4. of Ortho-Two and Phase II, the mean tensile strengths were decreased about 20.95% and 22.28%, respectively with statistical significances. ($p<0.01$) There were formations of a hump shaped mass from bonding resin under blood contamination which disturbed direct bonding procedure.
- According to Reynolds, the proper bond strength for clinical manipulation should be at least 45N or about 4.5Kg.F. According to these results, it can be concluded that Ortho-One could be used during surgical exposure of unerupted teeth. In any case, blood contamination of the etched surface should be avoided, but the blood contamination of primed surface of Ortho-One may not decrease bond strength. Just 'blowing-out' is enough to remove blood from primed surface of Ortho-One. You can verify the clean surface of the primer of Ortho-One after blowing out the blood contamination.

Key words : blood contamination, forced eruption, tensile strength, unerupted teeth, Weibull analysis

I. 서 론

지치를 제외한 미맹출 치아는 흔히 나타나는 발육장애 중 하나로, 상악견치에서 주로 호발하며 2,3,5,8,10,13,16,29,38,40,47,56,60,68) 상악절치와 45,46,50,52,53,56,60,65) 소구치⁵¹⁾, 하악견치⁴³⁾에서도 발견되고 있다. 특히 견치의 미맹출은 여성, 구개축에서 호발하고 양측성인 경향이 있으며 그 발생빈도는 0.92-3.3%로 다양하게 보고된 바 있다^{2,10,15)}. 치아의 미맹출 원인으로는 맹출경로 이상^{45,51,65)}, 낭종^{35,53)}, 종양⁶²⁾, 과잉치⁴⁶⁾ 등에 의한 것이 보고되었으며, 견치의 경우는 위의 원인 이외에도 총생으로 인한 맹출공간 부족, 유견치의 만기잔존 등이 원인으로 제시되었다^{2,10)}. Lewis¹⁵⁾은 유전된 경우를 보고하였다. Ferguson¹⁰⁾은 견치는 평균 11.5세 경에 맹출하므로 그 이전에 맹출장애의 조기진단이 가능하다고 하였으며, Lindauer 등

¹⁶⁾은 방사선 사진상에서 견치치관이 인접 측절치의 치근과 겹쳐질 때 미맹출 가능성이 높다고 보고하였다.

미맹출 치아의 치료는 여러 가지 방법이 제시되어 왔다. 예방적 유치발치 및 총생의 해소, 장애물 제거수술, 외과적 재식법, 교정적 견인법, 발치 및 보철방법 등이 있으며^{10,20)}, 이중 적응증에만 해당된다면 교정적 견인 방법을 많이 사용하고 있다.

교정적 견인 방법은 수술로 미맹출 치아를 노출 시킨 뒤 치경부를 강선으로 묶거나, 견인장치를 치아에 접착한 뒤 교정력을 가하는 것이다³⁾. 과거 미맹출 치아의 치경부를 강선결찰(wire ligation)하여 견인하는 방법은 외과적으로 치관부를 전부 노출 시켜야 했으며, 이로인한 치근흡수, 유착, 술후동통 등의 많은 합병증이 보고되었다⁵⁾. 최근 산부식 접착법이 도입된 이래 매복된 치아에 손상을 주지

않고 견인장치를 접착할 수 있어 이를 이용한 견인방법이 많이 보고되고 있다^{35,40,45~48,50~53,55,56,59,60,62,65,68)}. 산부식 접착을 이용한 견인방법은 치아를 최소로 노출시킬 수 있어 조직손상이 작으며, 위의 합병증이 거의 없고, 출후동통도 감소하여 많은 장점이 있으나, 한가지 단점으로 산부식 부위의 오염을 최대로 차단해야 하는 술식상의 어려움이 지적되고 있다^{5,60}). Kuftinec 등¹³⁾은 수술중 'dry field' 확보를 위한 지혈이 어려우며, 미맹출 치아의 매복이 깊을수록 더하다고 하였다. 그는 또한 교정적 견인의 문제점으로 접착한 견인장치가 탈락하거나 견인하는 강선이 끊어지면 다시 2차 수술을 해야 함을 지적하였다. 백 등⁶⁰⁾은 지혈이 어려우면 치경부에 'circumferential ligation' 할 것을 주장하였다. Wertz⁴³⁾는 산부식 접착에 실패하여 pin & eyelet 방법으로 바꾼 증례를 보고하였다.

산부식 접착술식에서 타액 및 혈액 등의 오염은 레진의 접착강도를 크게 감소시키는 것으로 알려져 있다^{31,33,54,61)}. 그러나 산부식된 법랑질면에 수술로 인한 혈액오염이 된 경우와 산부식면을 primer로 처리한 후에 혈액오염이 된 경우, 레진의 접착강도에 미치는 영향에 관한 구체적인 연구는 아직 안되어 있다. 또한 산부식면의 세척은 깨끗한 물로 해야 하나, 수술중에는 연조직의 건강을 위해서 생리적 식염수를 사용해야 한다는 논란도 있다. 그리고 접착장치를 결찰한 강선이 끊어지는 것도 아직 연구가 안되어 있다.

이에 저자는 미맹출된 치아의 교정적 견인을 위해 수술로 치관을 노출시키고, 산부식방법을 이용하여 견인장치를 접착하는 술식에서 수종의 오염이 접착강도에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다. 즉, 일반 수술시에 조직 세척용으로 사용하는 생리적 식염수의 오염 및 출혈로 인한 혈액의 오염이 강선 결찰한 교정용 버튼의 접착강도에 미치는 영향에 관하여 실험적으로 연구하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

가. 실험치아 및 채혈

결합이 없는 건전한 소의 영구전치 320개를 실

험 대상으로 선정하여 치근부를 제거하고 생리적 식염수에 보관하였다. 실험 시작 2일 전에 건강한 만 20세의 Rh+ B형 성인 남자의 혈액을 항응고제가 포함된 채혈팩(C.D.P.A1항응고액, 녹십자 의료공업(주))에 320ml 채혈하였다.

나. 실험재료

접착용 레진은 no mix type으로 Ortho-One™(Bisco, Inc.)과 Rely-a-Bond®(Reliance Orthodontic Products Inc.)를, mix type으로 Ortho-Two™(Bisco, Inc.)과 Phase II®(Reliance Orthodontic Products Inc.)를 선정하였다. 교정용 버튼은 Micro-loc®(Tomy Int. Inc. #601-07)을 320개 준비하였다. 버튼을 결찰하는 ligature wire는 0.25mm 직경(0.010")의 Ortholoy®(TP Ortho, Inc. #382-010)를 사용하였다. 생리적 식염수는 멸균된 중외생리식염주사액(중외제약)을 이용하였다.

2. 연구방법

가. 시편의 제작

보관된 소의 영구 전치 순면이 노출되도록 acrylic resin(Orthocryl® Resin)으로 15x18x8(두께) mm 크기로 매몰하였다. 제작된 시편의 치아 순면을 water coolant 하에 연마한 후 1200 grit silicon carbide paper로 최종 연마하였다. 연마시에는 상아질이 노출 안되도록 접착할 부위만 최소로 하였다.

나. 버튼을 ligature wire에 결찰

직경 0.25mm ligature wire를 10 cm 길이로 320개 잘라 양끝을 모아 loop을 형성한 후 버튼을 결고 30회 좌측으로 360도 회전시켜 꼬았으며, 그후 버튼의 정중점에서 15mm, 35mm 위치를 유성 펜으로 표시한 후, 이 두 점을 일치시켜 6회 우측으로 360도 회전시켜, 버튼 반대쪽에 풀리지 않는 고리를 형성시켰다. (Fig. 1, 2) 이 모든 과정은 버튼의 오염을 막기 위해 수술용 glove를 장착한 상태로 시행하였다.

다. 본실험

(1) 집단의 구분

산부식 접착술식 단계 중 오염의 시기에 따라 한 재료당 다음과 같이 집단을 나누었다.

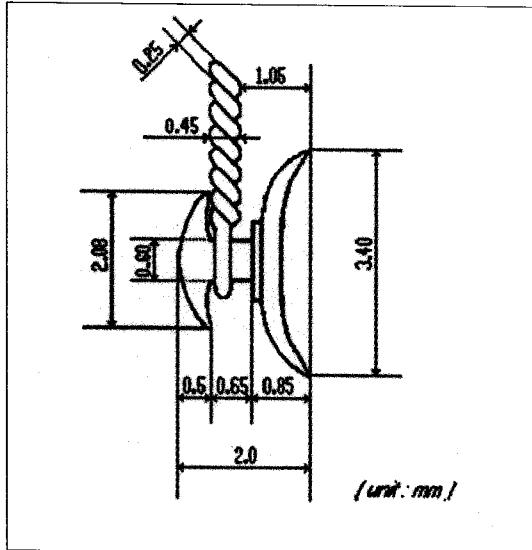


Fig. 1. Schematic diagram of ligatured button with wire

Group 1) 오염 안된 정상대조군

Group 2) 산부식 후 증류수 대신 식염수로 세척한 집단

Group 3) 산부식, 세척, 건조 후 산부식된 면에 혈액 오염된 집단

Group 4) 산부식면에 primer(혹은 bonding agent)를 바른 후 혈액에 오염된 집단 오염후에는 세척하지 않고 수분이 포함안된 압축공기로 바로 건조시켰다. 교정용 접착레진이 4가지 이므로, 재료당 위의 4개 군으로 나누어 총 16개의 군으로 분류하였다. 각 집단의 샘플 규모는 20개로 하였다.

(2) 버튼접착

산부식 버튼 접착술식은 각 교정용레진의 사용 설명서의 지시사항을 따랐으며 다음과 같다. Group 1은 오염이 안된 정상 대조군으로 술식은 다음과 같다. 버튼접착을 위해 표면 연마된 시편의 법랑질 연마부위를 37% 인산용액으로 30초간 산부식 시킨후 10초간 증류수로 세척하고 수분이 없는 압축공기로 완전히 건조시켰다. 그후 각 제조회사에서 제공하는 primer(혹은 bonding agent)를 지시에 따라 산부식면에 표면처리하였다.(그 다음 no mix type만 버튼 하방에 primer를 바른다.) 그후 버튼 하방에 paste를 도포하고, 이 버

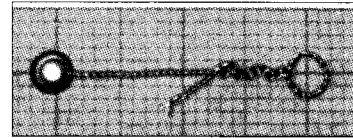


Fig. 2. Completed form of pre-ligated button for test

튼을 표면처리된 산부식면에 압착하였다. 밀려난 버튼 주위의 과잉 접착레진은 깨끗이 제거하였다. 10분간 실온에서 bench cure 시킨후 37°C 생리적 식염수 속에 72시간 항온 보관하였다.

Group 2는 생리적 식염수로 오염된 집단으로, 산부식면을 증류수 대신 멸균된 생리적 식염수로 세척후 전조 시켰으며 술식은 다음과 같다. 시편의 법랑질 표면을 산부식 시킨후 물대신 멸균된 생리적 식염수로 10초간 세척하고 완전 건조시켰다. 그후 각 제조회사에서 제공하는 primer(혹은 bonding agent)를 지시에 따라 준비하여 도포하였으며 나머지 술식은 정상 대조군과 동일하다.

Group 3은 법랑질의 산부식면에 혈액이 오염된 집단으로 술식은 다음과 같다. 시편의 법랑질 표면을 산부식 시킨후 증류수로 세척하고 완전 건조시켰다. 형성된 산부식면의 chalky surface를 준비한 혈액으로 완전히 도포하여 30초간 오염 시킨 후, 세척하지 말고 바로 완전 건조시켰다. 그후 각 제조회사에서 제공하는 primer(혹은 bonding agent)를 지시에 따라 준비하여 오염된 산부식면에 도포하였으며 나머지 술식은 정상 대조군과 동일하다.

Group 4는 산부식면에 primer(혹은 bonding agent)를 도포 후 30초간 혈액에 오염시킨 집단으로 술식은 다음과 같다. 시편의 법랑질 표면을 산부식 시킨후 증류수로 세척하고 완전 건조시켰다. 그후 각 제조회사에서 제공하는 primer(혹은 bonding agent)를 지시에 따라 준비하여 형성된 산부식면에 도포하였다. primer(혹은 bonding agent) 처리된 산부식면을 준비한 혈액으로 완전히 도포하여 30초간 오염시킨 후, 바로 건조시켰다. 이때 primer(혹은 bonding agent) 성분의 과도한 증발을 막기 위해 오염된 혈액을 가볍게 불어내는 정도로만 압축공기를 사용하였다. 혈액오염된 표면 위에 지시에 따라 primer 및 paste를 도포한 버튼을 압

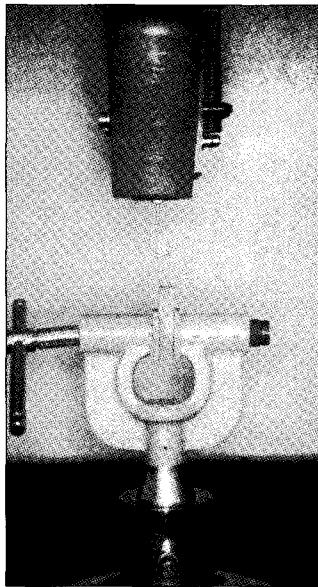


Fig. 3. Testing design for tensile strength of the ligatured button to enamel

착하였다. 나머지 술식은 정상 대조군과 동일하다.

라. 인장 강도 측정 및 접착상태 판정

접착 72시간 경과 후 만능 물성 시험기(Instron, Model No. 6022, Instron Co. UK)로 crosshead speed는 0.5mm/분으로 (Fig. 3)과 같이 인장강도를 측정하여 Newton단위로 기록하였다. 측정은 접착레진의 파절(failure of bonding resin)과 버튼을 결찰한 강선의 파절(failure of ligature wire) 중 먼저 파절된 경우의 인장강도를 기록하였으며, 결찰강선이 끊어진 경우 측정된 값 옆에 표시하였다. 강선이 파절된 경우의 평균값 및 표준편차를 따로 계산하였으며 각 재료에 따른 강선파절 듯수분포표를 작성하여 분석하였다. 측정 후 접착제 탈락면은 육안 관찰하여, 1995년 Mimura 등²²⁾과 Newman 등²³⁾이 제시한 Modified Adhesive Remnant Index (MARI)로 평가하였다. MARI의 듯수분포표를 작성하여 분석에 이용하였다.

마. 광학현미경 및 전자현미경 관찰

실험 시편에 이상 소견이 관찰된 경우 stereoscopic microscope으로 10배 확대하여 관찰하였다. 측정한 시편을 1cm이하의 크기로 잘라 3일간

desiccator에 건조시킨 후, 시편표면을 gold coating 시킨다.

그후 버튼이 탈락된 표면을 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, Hitachi S-2700)으로 관찰하였다. (배율 x1500)

바. 통계처리

네가지 재료의 정상 대조군간 인장강도를 비교하였으며, 그후 각 재료 내에서 오염단계에 따른 인장강도의 변화를 동일재료의 정상 대조군과 비교하였다. 통계 방법은 Kruskal-Wallis 1-way ANOVA 검정 후 Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W Test를 시행하였다. 한편 인장강도를 확률적으로 연관시켜 볼 수 있는 새로운 방법인 Weibull analysis⁴²⁾를 시행하였다. Weibull 방정식은 다음과 같다.

$$P_f = 1 - \text{Exp} \left\{ - \left(\frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_0} \right)^m \right\}$$

P_f : probability of failure

σ : applied stress

σ_0 : constant (usually $\sigma_0 = 0$)

m : normalizing parameter, characteristic strength

n : Weibull modulus

이렇게 해서 나온 방정식을 이용해서 Fox 등¹²⁾과 Sargison 등³⁷⁾이 주장한 'force for 5% chance of failure'를 계산하였다. 그후 Mitchell 등^{23,24)}이 제시한 방정식을 이용하여 Weibull distribution graph를 작성하였다. 그 방정식은 다음과 같다.

$$P_f = \frac{n}{(N+1)}$$

P_f : probability of failure

n : rank number of specimen

N : total number of specimens

III. 실험결과

1. 인장강도 측정

인장강도 측정결과는 (Table 1)에 정리하였다. 정상 대조군인 Group 1.에서 평균 인장강도는 Ortho-One은 63.59 ± 6.73 N, Rely-a-Bond는 48.07 ± 8.46 N, Ortho-Two는 65.91 ± 1.33 N, Phase II는

Table 1. Tensile strength of each material with contamination.(unit :Newton)

	Ortho-One	Rely-a-Bond	Ortho-Two	Phase II
Group 1	63.59±6.73	48.07±8.46	65.91±1.33	63.87±7.29
Group 2	58.68±7.20*	42.75±5.67*	66.26±1.78	64.67±8.62
Group 3	24.92±9.12**	21.12±11.46**	26.26±13.35**	34.48±18.83**
Group 4	61.62±8.14	50.06±6.17	52.10±16.04**	49.64±13.86**

(Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum Test with the same adhesive of Group 1.)

** p < 0.01 * p < 0.05

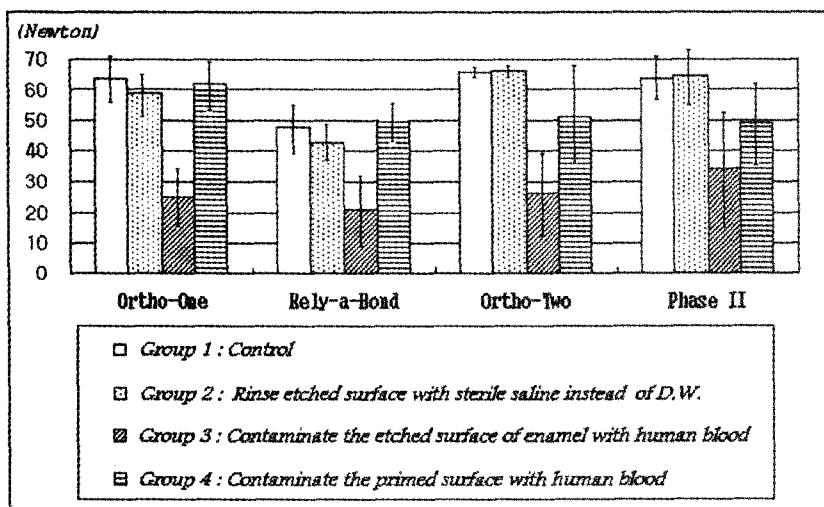


Fig. 4. Tensile strength of pre-ligatured button

63.87±7.29N으로, Rely-a-Bond의 수치가 낮았다. Kruskal-Wallis ANOVA 검정시 각 재료간에 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.0001, Chi-square=34.49) Mann-Whitney Test시 Rely-a-Bond가 다른 모든 재료(Ortho-One, Ortho-Two, Phase II)와 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.0001)

각 오염군의 분석 결과는 다음과 같다. Kruskal-Wallis ANOVA 검정시 모든 재료에서 정상대조군과 오염군 간에 통계학적 유의차가 있었다. (p<0.0001, Chi-square=47.67, 42.66, 46.82, 41.76) 각 재료내에서 정상 대조군과 오염군을 Mann-Whitney Test로 검정한 결과는 (Table 1)에 요약하였으며 다음과 같다.

생리적 식염수에 오염된 경우인 Group 2는 Ortho-Two가 66.26±1.78N으로 가장 높고, Rely-a-Bond가 42.75±5.67N으로 가장 낮았으며, Ortho-One과 Rely-a-Bond는 정상 대조군과 비교하여 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.05) Ortho-Two와 Phase II에

서는 정상 대조군과 유의차가 없었다. 산부식면에 혈액이 오염된 경우인 Group 3은 Phase II가 34.48±18.83N으로 가장 높았고, Rely-a-Bond는 21.12±11.46N으로 가장 낮았으며, Ortho-One과 Rely-a-Bond, Ortho-Two, Phase II의 네군 모두 정상 대조군과 비교하여 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.01) 한편 Primer(혹은 bonding agent)를 바른 후 혈액에 오염된 집단인 Group 4에서 Ortho-One과 Rely-a-Bond는 각각 61.62±8.14N, 50.06±6.17N으로 정상 대조군과 비교하여 통계학적 유의차가 없었으나, Ortho-Two와 Phase II인 경우는 각각 52.10±16.04N, 49.64±13.86N로 정상 대조군과 비교하여 통계학적 유의차가 있었다(p<0.01)

이를 그래프로 비교하면 (Fig. 4)에서 관찰할 수 있다. 우선 Ortho-One, Rely-a-Bond, Ortho-Two, Phase II 모두에서 산부식면에 혈액 오염된 군의 인장강도가 정상 대조군과 비교하여 각각 60.8%,

Table 2. Weibull analysis of the tensile strength of pre-ligatured button.

Material	Group	Weibull modulus	SE of modulus	Normalizing parameter(α)	Correlation coefficient of linearized least square plot*	Force for 5% chance of failure (Newtons)
Ortho-One™	1	9.80	0.984	66.96	0.979	49.45
	2	9.34	0.839	61.88	0.995	45.02
	3	3.11	0.074	27.84	0.986	10.71
	4	6.83	0.828	66.19	0.937	42.85
Rely-a-Bond®	1	6.67	0.786	51.59	0.994	33.05
	2	8.83	0.712	45.18	0.993	32.27
	3	2.31	0.215	23.80	0.979	6.58
	4	9.43	1.126	52.78	0.967	38.52
Ortho-Two™	1	59.70	3.037	66.52	0.974	63.29
	2	44.40	2.100	67.08	0.940	62.74
	3	2.12	0.042	29.68	0.985	7.31
	4	3.23	0.189	58.64	0.989	23.38
Phase II®	1	8.84	1.011	67.57	0.964	48.29
	2	5.00	0.759	106.27	0.990	58.07
	3	1.86	0.064	39.11	0.991	7.92
	4	3.66	1.899	55.05	0.993	24.45

*값이 1에 가까울수록 Weibull distribution function에 잘 맞는 집단임을 의미함.

56.1%, 60.2%, 46.0% 감소하였으며 통계학적 유의 차가 있었다. 또한 Ortho-One과 Rely-a-Bond의 생리적 식염수 오염군은 정상대조군과 비교할 때 각각 7.7%, 11.1% 감소하였으며 통계학적 유의차가 있었다($p<0.05$). 한편 Ortho-Two와 Phase II의 bonding resin위에 혈액 오염된 군은 정상 대조군의 평균과 비교하여 각각 20.95%, 22.28%의 인장 강도 감소를 나타내었으며, 통계학적 유의차가 있었다($p<0.01$). 나머지 Ortho-One과 Rely-a-Bond의 혈액오염된 군과, Ortho-Two와 Phase II의 생리적 식염수 오염군은 정상 대조군과 비교하여 통계학적 유의차가 없었다.

Weibull analysis는 (Table 2)에 요약하였다. 우선 correlation coefficient of linearized least square plot이 모두 1에 가까운 수치 이므로 Weibull 분석에 적합한 sample임이 확인되었다.

그후 Weibull modulus와 normalizing parameter를 구하여 각 sample에 맞는 Weibull equation을 구하

였으며, 이 방정식으로 'force for 5% chance of failure'를 계산하였다. Ortho-One에서 산부식면에 혈액 오염된 군(Group 3)은 10.71N이었고 나머지 군은 42.85~49.45N이었다.

Rely-a-Bond에서 Group 3은 6.58N이었고 나머지는 32.27~38.52N이었다. Ortho-Two에서 Group 3은 7.31N이었고 primer 처리한 면에 혈액 오염된 군(Group 4)은 23.38N이었으며, 나머지는 62.74N, 63.29N이었다. Phase II에서 Group 3은 7.92N이었으며, Group 4는 24.45N이었고 나머지는 48.29N, 58.07N이었다.

Weibull distribution은 (Fig. 5, 6)에서 관찰할 수 있다. 두 그림에서 모두 래진의 접착력이 큰 경우 본 실험의 결찰강성이 과절되는 평균인 66.46 ± 2.63 N으로 수렴함을 볼 수 있다. (Fig. 5)에서는 Ortho-One과 Rely-a-Bond의 Group 3이 가장 낮은 인장강도로 분포하고 있고, 그보다 큰 인장강도에 Rely-a-Bond와 Ortho-One의 나머지 군이 분포되

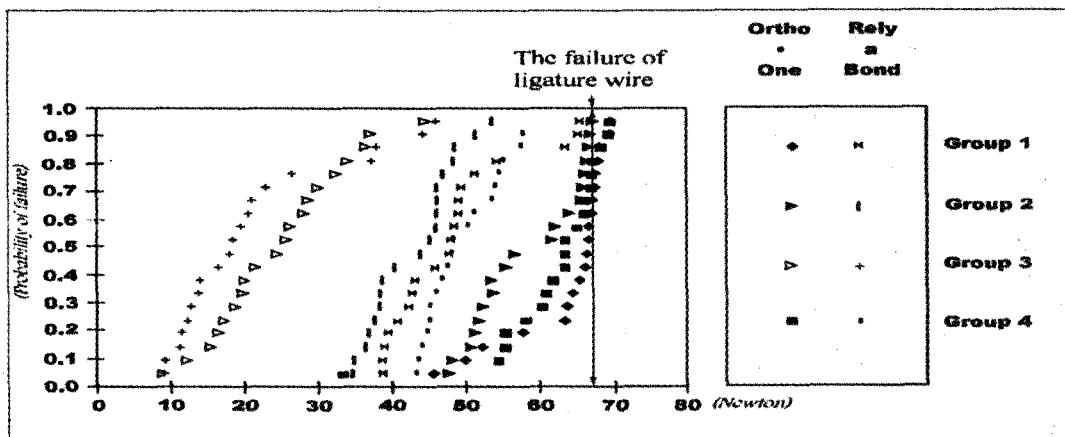


Fig. 5. Weibull distribution of no mix type orthodontic resin.

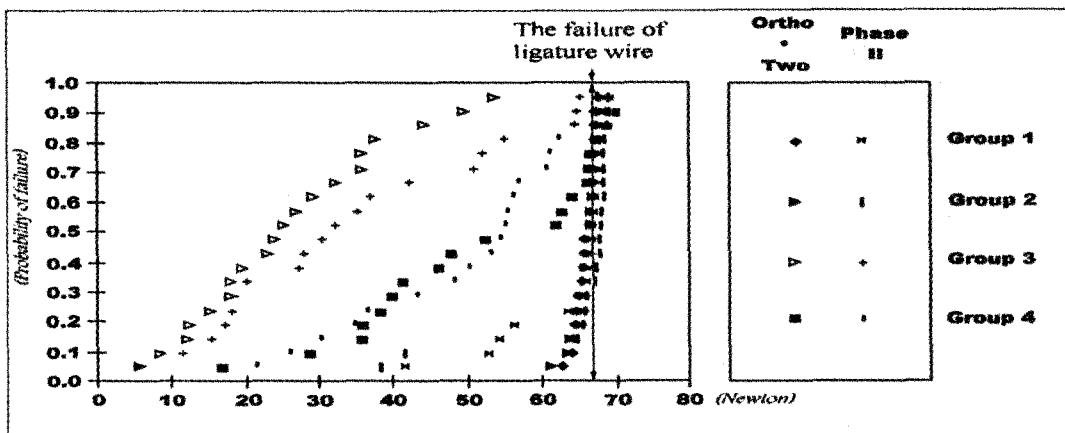


Fig. 6. Weibull distribution of mix type orthodontic resin.

어 있다.(Fig. 6)에서는 Ortho-Two와 Phase II의 Group 3이 완만한 경사를 이루며 낮은 인장강도에 분포하고, 그 보다 큰 인장강도에 Group 4가 분포하며, 나머지 Group 1, 2는 급한 경사를 이루며 가장 큰 인장강도로 분포한다.

MARI수치는(Table 3)에 요약하였다. 정상 대조군에서 no mix type인 Ortho-One과 Rely-a-Bond는 cohesive failure인 MARI 2 와 3이 85%이상 관찰되었으며, Ortho-Two는 전반적으로 고르게 관찰되었다. Phase II는 법랑질 쪽의 탈락이 많은 것

으로 관찰되었다. 식염수 오염집단인 Group 2는 정상 대조군과 같은 양상으로 관찰되었다. 산부식면에 혈액이 오염된 집단인 Group 3은 모두 MARI 1로 법랑질과 레진사이의 adhesive failure가 나타났다. primer(혹은 bonding agent)를 산부식면에 처리한 후 혈액에 오염된 집단인 Group 4에서 no mix type인 Ortho-One과 Rely-a-Bond는 정상군과 마찬가지로 MARI 2, 3이 95%이상 관찰되었으며, mix type의 Ortho-Two는 고르게 분포되어 나타났고, Phase II는 MARI 1이 94.7%로 대부분이 법랑

Table 3. Modified Adhesive Remnant Index

(%)

	MARI	Ortho-One™	Rely-a-bond	Ortho-Two™	Phase II®
Group 1	1	2/20 (10.0)	0/20 (=0.0)	4/20 (20.0)	18/20 (90.0)
	2	8/20 (40.0)	13/20 (65.0)	5/20 (25.0)	1/20 (5.0)
	3	9/20 (45.0)	7/20 (35.0)	4/20 (20.0)	1/20 (5.0)
	4	1/20 (5.0)	0/20 (0.0)	7/20 (35.0)	0/20 (0.0)
Group 2	1	1/20 (5.0)	0/20 (0.0)	7/20 (35.0)	17/20 (85.0)
	2	11/20 (55.0)	12/20 (60.0)	5/20 (25.0)	1/20 (5.0)
	3	8/20 (40.0)	8/20 (40.0)	3/20 (15.0)	1/20 (5.0)
	4	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	5/20 (25.0)	1/20 (5.0)
Group 3	1	20/20 (100.0)	20/20 (100.0)	18/20 (90.0)	20/20 (100.0)
	2	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	2/20 (10.0)	0/20 (0.0)
	3	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)
	4	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)
Group 4	1	1/20 (5.0)	1/20 (5.0)	16/19 (84.2)	18/19 (94.7)
	2	10/20 (50.0)	10/20 (50.0)	2/19 (10.5)	1/19 (5.3)
	3	9/20 (45.0)	9/20 (45.0)	1/19 (5.3)	0/19 (0.0)
	4	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/19 (0.0)	0/19 (0.0)

※ MARI (Modified Adhesive Remnant Index) Scores of Mimura H. et al.(1995)²³

1: All of the adhesive removed from enamel surfaces.

2: Less than half of adhesive remained.

3: More than half of adhesive remained.

4: All of the adhesive remained.

Table 4. The frequency of the failure of ligatured wire

(%)

	Ortho-One™	Rely-a-bond	Ortho-Two™	Phase II®
Group 1.	13/20 (65.0)	0/20 (0.0)	20/20 (100.0)	16/20 (80.0)
Group 2.	2/20 (10.0)	0/20 (0.0)	20/20 (100.0)	18/20 (90.0)
Group 3.	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	0/20 (0.0)	2/20 (10.0)
Group 4.	6/20 (30.0)	0/20 (0.0)	7/19 (36.8)	2/19 (10.6)

질 쪽에서 레진이 떨어진 것으로 나타났다.

결찰강선이 파절된 경우 따로 평균값을 계산 하였는데 $66.46 \pm 2.63\text{N}$ 이었다. 둑수분포는 (Table 4)에 요약하였다. Ortho-Two의 정상 대조군과 식염수 오염군은 100% 결찰강선이 파절되어, 접착 강도 측정은 안되었고 결찰강선의 인장강도 측정만 되었다. 그 다음으로 Phase II의 식염수 오염군(90%)과 정상 대조군(80%), Ortho-One의 정상 대조군(65%), Ortho-Two의 Group 3(36.8%), Ortho-One의 Group 3(30%)순으로 나타났으며, 산부식면

에 혈액오염된 접단(Group 2)과 재료중 Rely-a-Bond의 모든 군은 강선파절 빈도가 낮게 나타났다.

2. 광학현미경 및 전자현미경 관찰

Ortho-Two와 Phase II의 Group 4에서, 직경 0.5~2mm 내외의 치면에 부착된 불투명한 bonding agent 덩어리가 혈액오염 직후 자주 관찰되었으며, 이 덩어리의 방해로 두 개의 시편에서 벼튼의 접착에 실패하였다. 나머지 시편도 인장강도 측정후

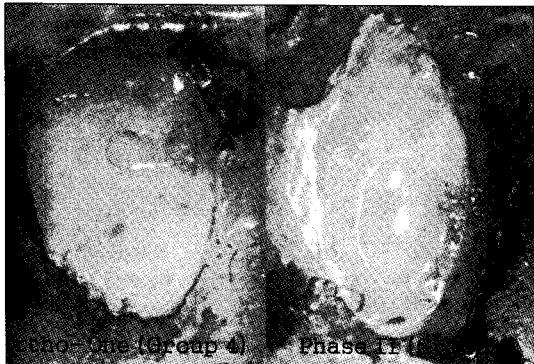


Fig. 7. Stereomicroscopic view

육안 관찰시에 그 덩어리가 역시 관찰되었으며, stereomicroscope로 10배 확대하여 관찰하였다. 그 형태는 spindle 혹은 hump 등 다양하게 나타났다. (Fig. 7)

표면주사 전자현미경으로 1500배 관찰시 오염되지 않은 정상 대조군의 표면과 생리적 식염수로 오염된 군은 치질과 primer(혹은 bonding resin), 복합레진 사이에 긴밀한 접촉이 있음을 관찰할 수 있다.(Fig. 8A, 8B, 9A, 9B, 10A, 10B) 단 mix type 인 Ortho-Two와 Phase II는 bonding resin의 cohesive failure가 많이 관찰된다.(Fig. 10A, 10B, 11A, 11B) 산부식면에 혈액이 오염된 경우 복합레진은 발견되지 않았다. primer가 산부식면에 침투하지 못하고 떨어져, 산부식면이 다시 노출된 소견이 흔히 관찰되었고 인접하여 혈액 오염된 면은 보다 어둡게 나타났으며, 간혹 지저분한 혈액 잔유물 표면이 관찰되었다.(Fig. 8C, 9C, 10C, 11C)

Ortho-One과 Rely-a-Bond에서 primer로 처리한 후 혈액에 오염된 군은 복합레진과 치면의 긴밀한 접촉이 관찰되나, 일부분은 혈액이 모여 있었던 공간이 관찰되었다.(Fig. 8D, 9D) Ortho-Two와 Phase II에서 bonding resin도포 후 혈액에 오염된 군은 bonding resin위로 혈액이 오염된 지저분한 표면이 관찰되며, 거의 대부분 치면에 붙은 복합레진은 관찰되지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

미맹출 치아의 견인을 위해서는 치관을 노출시키는 수술후 치아에 견인력을 주기 위하여 버튼을

접착하여야 한다. 이 술식은 치료의 중요한 단계 중 하나이다. 그 이유는 맹출유도 도중 미맹출 치아에 접착한 장치가 탈락하거나 견인하는 결찰강선이 끊어지면 다시 재수술을 해야 하기 때문이다¹³⁾. 한편 장치를 치아에 접착하는 방법은 여러가지가 있으나, 이중 산부식 레진접착법은 작은 면적에 강한 결합력을 얻을 수 있어 널리 사용되고 있다. 미맹출 치아의 견인에도 이 방법이 도입되었으나, 수술중 산부식면의 완전한 'isolated field'를 확보하기 어렵다는 문제점이 제기되었다. 치관노출 수술중에는 일부 치조골을 제거해야 하는 경우도 있으며, 골조직에서 출혈이 되는 경우는 출혈조절이 더 어려워진다. 과거 여러 논문에서 이 점을 지적하였으며^{5,13,35,43,60)}, 특히 산부식면의 오염에 관해 진 등³⁰⁾은 child management가 안되는 환자도 문제가 된다고 하였다. 이 문제점을 극복하기 위해 여러 가지 방법이 제시되었다.

1976년 Bishara 등은 3-8주간 surgical pack으로 압박한 후 산부식 할 것을 추천하였으며²⁾, 1992년 그는 7-10일로 pack 기간을 단축하였다⁹⁾. 1988년 남 등⁵⁶⁾과 1989년 김 등⁵⁰⁾은 pack을 사용한 증례를 보고한 바 있다. Lewis¹⁵⁾는 수술중에는 epinephrine pack으로 출혈을 억제시킨후, 귀가후 통증조절을 위해 1/4" gauze strip에 도포용 lidocaine과 ZOE를 혼합한 medicated pack으로 바꿀 것을 추천하였다.

Oliver 등²⁸⁾은 출혈조절 후 산부식 할 것을 추천하였고, 출혈조절 방법으로 혈관 수축제가 포함된 국소마취제, etchant, hot swap, cotton wool, Surgicel 등을 제시하였다. 그는 또한 계속 출혈시에는 출혈 point를 aspiration 하며 산부식할 것을 권하였고, 이를 위해서는 수술시 출혈조절을 위한 보조원과 산부식 접착을 위한 보조원을 따로 두는 것이 좋다고 하였다. 김 등⁵¹⁾은 압박지혈한 증례를 보고한 바 있다.

산부식 접착 후 치아를 견인하는 방법도 여러 가지가 있는데, 최근 강선으로 묶지않고 magnetic force를 이용한 견인방법이 시도되고 있다³⁶⁾. 한편 장애물을 제거한 뒤 치아가 구강내로 맹출할 때까지 기다린 후 버튼을 붙여 견인하는 보고도 있다³⁸⁾. 치아가 깊이 위치할 경우 대개 ligature wire로 button이나 bracket을 결찰하여 강선을 치은 밖으로 노출시킨 뒤, elastic등으로 견인하게 된다. Crescini 등

⁶⁾은 강선결찰된 여러가지 부착물을 제시하였다. McDonald 등²⁰⁾은 미리 pre-ligatured bracket을 준비한 후 수술을 시작할 것을 추천하였다. 국내에서도 미리 강선 결찰한 버튼을 치면에 접착한 증례가 보고되고 있다^{46,47,52)}. Bishara 등²⁾은 산부식 접착방법을 사용시에는 매복된 치아를 가능한 최소로 노출시켜야 합병증을 최대로 줄일 수 있다고 하였다. Boyd 등⁵⁾은 산부식을 위해서는 매복치아의 4~5mm만 노출시키는 것이 바람직하다고 하였다.

한편 산부식면의 타액 및 혈액오염은 레진의 접착력을 크게 감소시키는 것으로 알려져 있다. 서 등⁶¹⁾은 산부식된 법랑질면에 1초 이상 타액 오염되면 레진접합력이 약 59.5% 이상 감소함을 보고하였고, 김 등⁵⁴⁾은 산부식된 법랑질면에 타액 오염시 물로만 세척하면 효과가 없으며, 10초간 재산부식으로 타액 오염물이 완전 제거됨을 보고하였다. Powers 등³³⁾은 복합레진이 타액, plasma, eugenol, handpiece lubricant 등과 같은 일상오염에 민감하며, 오염부위를 re-etching시 접착강도가 회복됨을 보고하였다.

Pashley 등³¹⁾은 성견 상아질에 혈액 오염시 레진 접착강도가 약 67.1% 감소하였으며, 타액 오염시 약 20.5% 감소하였음을 보고하였다. Lee 등¹⁴⁾은 구강내 환경연구에서 ethanol도 복합레진의 접착강도를 감소시킨다고 보고한 바 있다.

본 실험은 다른 실험^{30,31,58)}과 마찬가지로 산부식면에 혈액이 오염된 경우(Group 3) 레진의 접착강도가 약 46.0~60.8% 감소함을 확인할 수 있었다.(p<0.01) 생리적 식염수로 오염된 경우 no mix type인 Ortho-One과 Rely-a-Bond는 각각 7.7%, 11.1% 감소하였으나,(p<0.05) mix type인 Ortho-Two와 Phase II는 통계학적 유의차가 없었다.

한편 수술중 혈액오염 기회는 산부식 직후에만 있는 것이 아니며, 산부식면에 primer(혹은 bonding agent)를 도포한 후에도 일어날 수 있다. 이에 술자는 산부식면에 primer(혹은 bonding agent)로 일차 처리한 후 혈액 오염이 된 경우 접착강도에 어떤 영향을 주는가를 추가로 실험, 분석하였다.(Group 4)

결과는 접착재료에 따라 뚜렷이 다른 두가지 양상이 관찰되었다. No mix type인 Ortho-One과 Rely-a-Bond는 동일재료의 정상 대조군과 비교하

여 유의성 있는 접착강도 감소는 없었다. 반면 mix type인 Ortho-Two와 Phase II는 동일재료의 정상 대조군과 비교하여 유의성 있는 접착강도의 감소가 관찰되었다.(p<0.01) 그러나 그 감소량은 산부식면에 혈액오염된 경우 보다 작았으며, 정상 대조군에 비하여 각각 20.95%, 22.28% 감소하였다.

한편 임상에서 필요로 하는 교정용 접착레진의 접착강도에 관해 1971년 Miura 등²⁵⁾은 임상에서 생리적이고 역학적인 교정을 위해 필요한 레진의 접착력은 29Kg/cm²(약2.9MPa) 이라 하였고, 1975년 Reynolds³⁴⁾는 실험실 인장강도 측정시 50Kg/cm²(약 4.90MPa)이상이면 임상적으로 성공적으로 사용할 수 있다고 하였다. 1980년 Lopez¹⁷⁾는 교합력이 다양하기 때문에 접착제에 필요한 평균 인장강도는 결정하기 힘드나, 최대 인장강도가 60~80Kg/cm²(약 5.89~7.85MPa)인 경우가 합리적이라고 주장하였다.

1986년 Farquhar⁹⁾는 Reynold가 제시한 수치가 적절함을 지지하였다. 1991년 Fox 등¹²⁾은 교정용 접착은 저작압에 견딜 수 있도록 충분히 커야하나 치료후에는 쉽게 제거할 수 있도록 너무 강하지 말아야 한다고 하였다. 본 실험에 사용한 button의 base 면적은 9.0746mm² 이므로 정상 대조군의 인장강도를 MPa로 환산하면 Ortho-One은 평균 7.0MPa, Rely-a-Bond는 5.3MPa, Ortho-Two는 7.3MPa, Phase II는 7.0MPa로 Reynolds가 제시한 조건을 만족하는데, Rely-a-Bond의 생리적 식염수 오염집단과, 산부식면에 혈액오염된 네가지 재료군들은 모두 2.3~4.7MPa로 만족스런 접착강도가 아님을 알 수 있다.

미맹출 치아의 견인을 위한 힘은 대개 30~60g · force의 힘이 필요하고^{46,47,48,50~53,55,56,59,60,62,65)}, 이 등⁶⁵⁾은 치아가 inverted impaction된 경우 치아의 회전을 위해 100~150g · f의 보다 큰 힘이 필요하다고 하였다. 그러나 임상에서 견인을 위한 elastic이나 spring 조작시 순간적으로 큰 힘이 가해질 수 있으므로, Reynold가 제시한 수치를 고려하여 환산하면 적어도 4.5Kg · f (약45N) 이상 인장강도에 견딜 수 있는것이 바람직할 것이며, Lopez의 조건을 만족시키려면 5.4~7.3Kg · f의 인장강도가 있어야 한다.

본 실험에서는 평균 6.78±0.27Kg · f에서 결찰 강

선이 파절되었으므로 Lopez의 조건을 만족시키려면 임상에서는 결찰강선의 직경이 보다 큰 것을 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 결찰강선의 직경에 관한 추가적인 실험적 연구가 있어야 할 것이다. 또한 Rely-a-Bond는 Reynold의 조건은 만족하나 Lopez의 조건에는 만족스럽지 못하다.

No mix type인 Ortho-One과 Rely-a-Bond의 경우, 실험중 육안 관찰시 primer를 오염시킨 혈액을 압축공기로 불어내면 혈액이 밀려나며 비교적 깨끗한 primer 표면을 확인할 수 있었으나, 일부 밀려나지 못하고 건조된 혈액 잔유물도 관찰 할 수 있었다. 전자 현미경 관찰시 혈액오염이 되었던 곳이 빈 공간으로 관찰되었다.(Fig. 9D) 한편 mix type인 Ortho-Two와 Phase II의 경우, bonding agent를 오염시킨 혈액을 압축공기로 불어내면 표면전면에 잔류 혈액이 지저분하게 남아 있었으며 완전히 제거되지 않았다. 또한 산부식면에 bonding agent 도포 후 중합되지 않는 산소억제층(oxygen inhibition zone)이 표면에 나타났는데, 혈액오염시 중합되지 않은 monomer가 한곳으로 몰리면서 작은 혹형태의 덩어리(hump shaped mass)를 형성하였으며, 곧 중합되어 후에 버튼의 접착을 방해하였다. 이것을 stereomicroscope로 10배 확대 관찰하면 0.5~2mm 직경의 불투명한 우유빛 덩어리로 관찰되었다.(Fig. 7) 이 현상은 대개 시편당 하나씩 관찰되었다. 대부분 이것은 버튼 접착에 방해가 안되는 위치에 있거나 매우 작았으나 두 개의 시편에서 산부식면 중앙에 크게 형성되어 버튼접착에 실패하였다. 이것을 전자현미경으로 관찰하려 했으나 gold coating시 모두 없어졌다. 이는 coating시 0.2 torr 이하의 진공상태로 만드는데 이때 고분자를 형성하지 못한 monomer 중합체가 증발하였기 때문으로 추정되나 정확한 원인은 알 수 없었다.

이와같이 두가지 유형의 접착재료가 각기 다른 양상을 보이는 것은, 산부식면에 바른 liquid의 상태가 다르기 때문인 것으로 판단된다. No mix type의 경우 primer에는 activator인 amine류(Ortho-One: bisphenol diglycidylmethacrylate, Rely-a-Bond: 성분 표시 없음)가 포함되어 있다. 이 primer는 버튼에 도포한 paste와 만나기 전까지는 중합되지 않으며 다소 끈끈한 액상형태로 존재한다. 제조회사에서 제공한 U.S. Department of Labor의 Material

Safety Data Sheet에는 primer가 ‘물과 혼합할 수 없는 성질(immiscible)’ 이 있다고 하였다. 본 실험에서 Group 4의 혈액 오염시에는 primer의 중합개시가 안된 상태이며, 혈액 하방에 섞이지 않는 끈끈한 액체상태로 있다가 압축공기로 불어낼 때 혈액만 깨끗이 밀려난 것으로 생각된다.

한편 no mix type의 bonding agent는 액상의 catalyst와 base로 구성되며 둘을 혼합하여 산부식면에 도포한다. catalyst에는 initiator인 benzoyl peroxide가 base에는 activator인 amine성분이 포함되어 있어 혼합하면 중합반응이 개시된다. 중합은 심부에서 일어나며 공기와 만나는 표층에는 중합되지 않는 산소억제층이 형성된다³²⁾. primer가 끈끈하고 흐름성이 낮은데 비해 bonding agent는 좋은 흐름성을 갖고 있다. 본 실험에서 bonding agent 위에 혈액을 도포시 중합되지 않은 표층의 monomer가 한곳으로 모이며 중합되어 작은 혹을 형성하였다. 30초후 압축된 공기로 혈액을 불어내자, 중합된 표면이 노출되었고, 이 표면에 혈액 잔유물이 달라붙어 건조된 것으로 추정된다. 이것은 실험중 육안관찰과 전자현미경 사진에서 확인되었다.(Fig. 10D, 11D) Phillips³²⁾는 중합된 표면의 특성은 ‘불용성(insoluble)’ 이지만 ‘수분을 흡수하는 성질(imbibition)’ 이 있다고 하였다.

네가지 재료 모두 자가중합형 레진이며 peroxide-amine induction system³²⁾에 의해 중합이 일어나는데 no mix type과 mix type의 차이점은 다음과 같다. no mix type은 activator가 포함된 primer를 치면과 버튼 하방에 바르고 initiator가 포함된 paste를 버튼하방에 위치시키고 바로 치면에 압착하는데 이때 paste와 primer가 만날 때 중합이 개시되는 것이다. 이 경우 임상술식이 간편한 장점이 있으나 primer와 접촉하지 않는 paste 심부는 중합되지 않아 버튼의 접착강도를 약화시키는 단점이 있다. 이것은 실험에서도 관찰되었는데 탈락된 버튼의 하방 중앙부에 잔류한 레진은 중합되지 않은 soft한 상태이었다. 반면 mix type은 bonding agent를 혼합하여 산부식면에 발라 중합시킨후, 다시 paste를 혼합하여 버튼 하방에 위치시키고 작업시간 내에 버튼을 치면에 압착시키는 것이다. 치면과 버튼사이에 공간이 있더라도 완전한 중합에 의해 강한 접착력을 유지할 수 있으나 술식이

복잡하며 재료의 소모가 많고, 여러 개의 치아에 한꺼번에 붙일 수 없는 단점이 있다. 그래서 mix type은 버튼(혹은 브라켓)과 치면의 곡면이 맞지 않아 잘 떨어지는 소구치 및 대구치부에 효과적인 것으로 추천되고 있다. 저자는 몇 가지 단점을 추가로 관찰하였는데, 즉 bonding agent의 catalyst 와 base가 같은 색이어서 두 재료가 균등히 혼합되었는지 확인이 어려웠으며, 공기와 접하는 표층은 중합이 안되어 그 하방에 중합면이 형성 되었는지 확인이 안되었다.

Coreil 등⁷⁾은 중합안되는 primer에 관하여 언급했는데, 치면에 바른후 산소와 만나는 표면쪽은 중합이 억제되며, 이런 미중합층이 약 100μm두께로 형성되었다고 하였다. 이는 산소가 free radical 의 중합에 inhibitor로 작용하기 때문이라고 했다. 즉 monomer가 정상 중합반응에 앞서 산소와 선택적으로 우선 결합해서 copolymer를 형성하기 때문이라고 하였다. 그는 이 primer 표면이 산소억제에 의해 미중합되었더라도, primer를 바르고 paste를 얹은 bracket을 압박하면 곧 산소가 차단되므로 중합반응이 다시 진행되는 것으로 보는 것이 합리적이라고 하였다. 이런 불완전 중합은 접착강도에 나쁜 영향을 준다고 하였다.

한편 인장강도를 확률적으로 연관시켜 분석할 수 있는 새로운 방법이 도입되었는데, 1951년 Weibull 이 개발하여 Weibull analysis¹²⁾라 하며, 1991년 Fox 등¹²⁾과 1992년과 1995년에 Mitchell 등^{23,24)}, 1995년 Sargison 등³⁷⁾이 치과계통의 인장강도 측정에 응용하였다. Weibull¹²⁾은 그가 주장한 statistical distribution function이 복잡한 인장강도 분석 및 크기 분석에 널리 사용될 수 있음을 보여주었고, 그 분석을 위해 일반적으로 positive nondecreasing function 만 만족하면 된다고 하였다. 1991년 Fox 등¹²⁾은 교정용 접착레진의 접착강도 분석에 Weibull analysis를 응용하였으며, Weibull modulus값이 낮을수록 접착강도가 넓게 분포하며, low stress level에서 'tail'을 형성한다고 하였으며, modulus가 높을수록 재료 의존성이 높은 것이라고 하였다. 그는 또 weibull analysis에서 'force for 5% chance of failure'를 언급했는데 이 값이 낮으면 임상에서 이보다 큰 stress를 줄 때 탈락할 확률이 높은 재료라고 하였다.

1992년 Mitchell 등^{23,24)}은 보철분야의 post-retained crown에 관한 실험적 연구에 Weibull 분석을 응용하였는데, Weibull modulus 및 normalizing parameter(characteristic value)를 구하는 방법을 설명하였고, 치과에 응용할 수 있는 몇 가지 방정식을 소개하였다. 1995년 그는 수종의 교정용 접착레진의 접착강도 분석에도 응용하였으며 modulus는 접착 cement의 신뢰도(reliability)를 의미하며 클수록 신뢰도가 높다고 하였다. 이 값이 작으면 결과값이 넓게 분포함을 의미하며, 낮은 접착강도가 나올 확률이 높다고 하였다. 그는 또 측정값의 순위를 이용해 'experimental values of probability of survival'을 구하는 방정식을 제시하였다. (연구방법 참조) 1995년 Sargison 등³⁷⁾은 앞서 Fox 등이 제시한 교정용 접착제의 접착강도를 분석하였으며, Weibull distribution function에 적합하려면 'correlation coefficient of the linearized least square plot(R)' 값이 높아야 한다고 하였다. 그는 임상적으로 가장 타당성이 있는 수치로 '5% bond failure' 확률이 있는 Weibull 환산값을 주장하였다. 본 실험에서 모든 군의 상관계수(R)는 0.937~0.995로 Weibull분석에 적합함을 확인하였고, modulus를 비교해 보면 Ortho-Two의 Group 1, Group 2의 modulus가 각각 59.70, 44.40으로 크게 나와 신뢰도가 매우 높게 나타났으나, 이는 접착레진의 신뢰도가 아니며, 결찰강선이 모두 파절되었으므로 강선파절 확률의 신뢰도가 높음을 의미한다. 나머지 모든 재료의 정상 대조군과 식염수 오염군은 5.00~9.80으로 비교적 큰값을 나타낸 반면, 산부식면에 혈액 오염된 군의 modulus는 1.86~3.11로 작게 나타나 분포가 넓음을 알 수 있고, 작은 stress에도 쉽게 떨어질 수 있음을 알 수 있었다. primer로 처리한 후 오염된군인 Ortho-One과 Rely-a-Bond의 Group 4는 각각 6.83과 9.43으로 큰 값을 보였으나, bonding resin에 오염된 군인 Ortho-Two와 Phase II는 각각 3.23, 3.66으로 정상 대조군 보다는 작으나 혈액 오염군 보다는 큰 값을 나타내었다. 이것은 '5% chance of failure'로 환산한 값에도 잘 반영되어 나타났다.

1995년 Blight 등⁴⁾은 접착레진이 치면에서 탈락 후 그 결과를 평가하는 방법으로 5 단계로 세분한 ARI(Adhesive Remnant Index)를 주장 하였는데,

ARI의 값이 작으면 debonding후 치면에 붙은 레진의 제거가 쉽다고 하였다. 그는 또 ceramic bracket의 제거시 법랑질 파절이 많이 관찰됨을 보고하였다.

같은 해에 Newman 등²⁶⁾은 ARI(Adhesive Remnant Index)의 판정이 주관적인 경향이 있다고 하였으며, 한 단계 줄여 4단계로 레진이 탈락된 치면을 평가하였다. 같은 해에 Mimura 등²⁷⁾은 임상적으로 보다 의미가 있는 MARI(Modified Adhesive Remnant Index)를 주장하였다. 그의 방법은 Newman과 마찬가지로 4단계로 평가한 것이다. 그는 또 ceramic bracket의 debonding시 법랑질 파절이 너무 자주 나타나 문제가 된다고 하였고, 접착제의 filler가 많을 수록 법랑질 파절이 증가하였다. 이 때문에 제조회사에서 adhesive strength를 감소시키기 위한 시도를 하고 있다고 하였다. Wang 등⁴¹⁾은 mix type의 교정용 접착제인 Concise의 접착강도를 측정하여 69~71Kg/cm²으로 보고하였다. 그는 sealant를 사용할 경우 접착강도의 유의성 있는 증가는 없었으나, debonding시 법랑질 파절을 줄여줄 수 있다고 하였다. 본 실험에서는 Mimura 등의 방법을 사용하여 평가하였으며, 산 부식면에 혈액 오염된 Group 3의 모든 재료에서 법랑질 쪽의 레진이 탈락하여, 오염에 의한 효과임을 알 수 있었다. 한편 Wang 등이 언급한 것처럼 sealant를 bonding agent로 사용한 Phase II의 모든 군은 법랑질 쪽에 레진이 거의 붙어있지 않았다.

본 실험은 가능한 임상술식을 최대로 재현하고, 가급적 동일한 조건을 부여하며 실험 오차를 줄이고자 다음과 같은 사항을 고려하였다. 첫째, crosshead로 button base를 밀어서 측정한 것이 아니라, 버튼을 강선 결찰 후 치면에 평행하게 crosshead로 당겨서 견딜 수 있는 한계를 측정하였다. 이 경우 임상에서 일어날 수 있는 모든 실패를 접할 수 있는데, 즉 측정할 수 있는 것은 레진의 접착강도(bond failure) 뿐만 아니라 ligature wire의 인장강도(wire failure)도 동시에 측정할 수 있다. 또한, 당기는 위치가 button base의 두께만큼 치면에서 떨어져 있으므로 실제 임상에서 나타나는 moment 효과를 그대로 재현할 수 있다는 장점이 있다. moment 효과는 base가 단단한 ceramic

bracket에서는 기대할 수 없으나, base가 무른 metal 혹은 plastic bracket에서 잘 관찰된다. base가 무를 수록 moment 효과에 의해 접착제와 관계 없이 접착력이 감소되어 나타난다.

둘째, 혈액오염 시간은 임상에서 수술중 일어나는 짧은 시간인 30초로 하였다.셋째, 종류수 대신 멸균된 생리적 식염수로 세척한 경우도 실험에 포함 시켰다. 넷째, 수술후 flap을 덮는 경우 버튼은 생리적 전해질 용액으로 둘러 싸이게 될 것이며, 조직으로 덮여 온도변화도 심하지 않을 것이므로, 접착 후 thermocycling 없이 37°C 생리적 식염수에 72시간 항온 보관하였다. 다섯째, 다양한 치아의 곡면을 균등히 하기 위해 표면을 평면으로 연마하였으며, 그후 법랑질 표면 조도를 재현하고자 1200 grit까지 연마하였다. 여섯째, 버튼을 결찰한 강선의 길이 및 끈획수를 한가지 방법으로 균일화하여 오차를 최소화 하고자 하였으며, 측정 중 강선의 풀림을 줄이고자 2차로 결찰하는 방향을 반대로 하였고, 풀리지 않는 횟수를 6회로 확인하였다. 일곱째, 많은 수의 시편과 충분히 넓고 편평한 치면을 확보하기 위해 소의 영구전치를 실험대상으로 하였다. Otsuki 등³⁰⁾은 소의 영구전치를 사용할 경우 레진의 접착강도는 사람 치아의 접착강도와 동일하다고 한 바 있다. 여덟째, button의 base형태를 curved base로 선정하였다. 임상에서는 치아의 설면에 접착할 수도 있으므로 다양한 요철면에 접착하게 되나, 시중에 접할 수 있는 것은 curved base와 flat base만 나와있다. 문제는 base와 치면 사이에 공간이 형성될 경우, 이 공간을 채우는 레진이 접착력을 얼마나 제공하는 가이다. no mix type은 이 공간이 경화되지 않으므로 결합력이 떨어진다고 알려져 있으며, 이를 개선하고자 mix type이 개발되었다. 이 내부경화도를 비교하고자 편평한 치면에 curved base의 button을 사용하였다. 실험 결과에서도 mix type에서 많은 수의 강선이 끊어진 것으로 보아 mix type의 접착력이 큼을 확인할 수 있었다.

한편 교정용 접착레진에는 no mix type과 mix type 외에도 powder-liquid type이 있다. 이 재료는 powder와 liquid를 혼합하여 사용하므로 일종의 mix type으로 볼 수 있으나, 일반적인 mix type과는 그 방식이 다르다. 이것도 후에 추가적인 연구가

있어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 lingual button을 ligature wire로 결찰하고, 이것을 수종의 교정용 접착레진을 이용하여 소의 영구치 법랑질면에 접착하였다. 이때 몇 개의 군으로 나누어 임상 중에 발생할 수 있는 생리적 식염수 및 혈액 오염을 시켰다. 접착 3 일 경과 후 만능 물성 시험기로 인장강도를 측정, 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 네 가지 재료의 정상 대조군간 평균값을 비교해 본 결과 Ortho-One,TM Ortho-Two,TM Phase II에 비해 Rely-a-Bond 가 수치가 낮았고, 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.01)
2. Ortho-One,TM Rely-a-Bond 에서 etchant를 생리적 식염수로 세척한 군의 평균값은 정상 대조군의 평균값에 비하여 각각 7.7%, 11.1% 감소하였고 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.05)
- 3 Ortho-Two,TM Phase II 에서 etchant를 생리적 식염수로 세척한 군의 평균값은 정상 대조군의 평균값에 비하여 통계학적 유의차가 없었다.
4. Ortho-One,TM Rely-a-Bond, Ortho-Two,TM Phase II 의 모든 재료에서, 산부식면에 혈액이 오염된 군의 평균값은 정상 대조군의 평균값에 비하여 각각 60.8%, 56.1%, 60.2%, 46.0% 감소하였고 통계학적 유의차가 있었다.(p<0.01)
5. Ortho-One,TM Rely-a-Bond 재료에서 산부식면을 primer로 처리한 후 혈액에 오염된 군의 평균값은 정상 대조군에 비하여 통계학적 유의차가 없었다.
6. Ortho-Two,TM Phase II 에서 재료에서 산부식면을 bonding agent로 처리한 후 혈액에 오염된 군은 정상 대조군의 평균값과 비교하여 각각 20.95%, 22.28% 감소하였고 통계학적 유의차가 있었다. (p<0.05) 또한 다양한 크기의 bonding resin 덩어리가 치면에 부착되어 나타났다.
본 연구 결과를 종합하여 최적의 인장강도를 얻기 위하여 임상 수술시에 염두에 두어야 할 사항을 정리한다면 다음과 같다.

1. 어떠한 경우라도 법랑질 산부식면의 혈액 오염은 차단해야 한다.
2. Rely-a-Bond는 임상에 필요한 최소의 접착력을 유지하였으나, 수술중 사용에는 부적합하다.
3. Ortho-One은 산부식면을 물대신 생리적 식염수로 세척 전조사 임상적으로 충분한 접착강도를 유지하였다.
4. Ortho-One의 primer처리 후 혈액 오염시 접착강도의 감소는 없었다. 출혈조절이 어려울 경우, 산부식면에 Ortho-One의 primer를 가능한 빨리 도포하는 것이 추천된다. primer 도포 후에는 혈액오염이 되더라도 접착강도의 감소는 없으며, 버튼에 primer를 도포하고 paste를 올릴 수 있는 충분한 시간을 얻을 수 있다. 혈액 오염된 primer 표면은 단순히 압축된 공기로 불어냄으로 깨끗한 primer 표면을 다시 확인 할 수 있다.
4. 수술시에 출혈이 심하면 mix type의 접착제인 Ortho-Two, 와 Phase II는 바람직하지 못하다. 혈액 오염시 접착강도가 크게 감소하며, 접착을 방해하는 bonding resin덩어리가 형성된다.
5. Ligature wire는 가능한 직경이 큰 것을 사용한다.
6. Button을 선정시에는 치면의 곡면을 확인하여 가능한 치면의 contour와 유사한 것을 선택한다. 치아 설면에 붙일 경우 flat base를 고려한다.
7. 접착후 24시간 내에 가장 많은 접착강도의 증가가 있으나 그 이후에도 서서히 계속해서 증가하므로, 가능하면 치아 견인은 1주 이상 경과 후 시작하는 것이 좋다.

참고문헌

1. Barakat MM, and Powers JM:In vitro bond strength of cements to treated teeth. Aust Dent J 31(6):415-9, 1986
2. Bishara SE et al.:Management of impacted canines. Am J Orthod 69(4):371-387, 1976
3. Bishara SE:Impacted maxillary canines:a review. Am J Orthod & Dentofac Orthop 101(2):159-71, 1992 Feb
4. Blight SJ, and Lynch E:Bonding strengths of ceramic brackets using different bonding tech-

- niques. British J Ortho 22:135-40, 1995
5. Boyd RL:Clinical assessment of injuries in orthodontic movement of impacted teeth. IMethod of attachment. Am J Orthod 82(6):478-486, 1982 Dec
 6. Boyd RL:Clinical assessment of injuries in orthodontic movement of impacted teeth. II.Surgical recommendations. Am J Orthod 86(5):407-418, 1984 nov
 7. Coreil MN et al.:Shear bond strength of four orthodontic bonding system. Am J Orthod Dentofac Orthop 97:126-9, 1990
 8. Crescini A et al.:Tunnel traction of infraosseous impacted maxillary canines. A three-year peridontal follow-up. Am J Orthod Dentofac Orthop 105:61-72, 1994
 9. Farquhar RB:Direct bonding comparing a polyacrylic acid and a phosphoric acid technique. Am J Orthod Dentofac Orthop 90:187-194, 1986
 10. Ferguson JW:Management of the unerupted maxillary canine. British Dent J 169:11-17, 1990
 11. Fink DF, and Smith RJ:The duration of orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop 102:45-51, 1992
 12. Fox NA, McCabe JF, and Gordon PH:Bond strengths of orthodontic bonding materials. British J Orthod 18:125-130, 1991
 13. Kuftinec MM, and Shapira Y:The impacted maxillary canine:II.Clinical approaches and solutions. J Dent Child 325-334, 1995
 14. Lee SY, Greener EH, and Mueller HJ:Effect of food and oral simulating fluids on structure of adhesive composite system. J Dent 23(1):27-35, 1995
 15. Lewis PD:Preorthodontic surgery in the treatment of impacted canines. Am J Orthod 60(4):382-397, 1971
 16. Lindauer SJ et al.:Canine impaction identified early with panoramic radiographs. JADA 123: 91-97, 1992
 17. Lopez JJ:Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. Am J Orthod 77:669-678, 1980
 18. Main C et al.:Surface treatment studies aimed at streamlining fissure sealant application. J Oral Rehab 10:307-317, 1983
 19. McAlarney ME et al.:A modified direct technique versus conventional direct placement of brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 104:575-83, 1993
 20. McDonald F, and Wei LY:The surgical exposure and application of direct traction of unerupted teeth. Am J Orthod 89:331-340, 1986
 21. Melnik AK:Orthodontic movement of a supplemental maxillary incisor through the mid-palatal suture area. Am J Orthod Dentofac Orthop 104:85-90, 1993
 22. Mimura H et al.:Comparison of different bonding materials for laser debonding. Am J Orthod Dentofac Orthop 108:267-73, 1995
 23. Mitchell CA, O'Hagen E, and Walker JM: Probability of failure of orthodontic brackets bonded with different cementing agents. Dent Mat 11:317-322, 1995
 24. Mitchell CA, Orr JF, and Kennedy JG:A semi-empirical model for prediction of how post-retained crowns will fail under compressive loading. J Dent Res 71(9):1613-1618, 1992
 25. Miura F, Nakagawa K, and Masuhara E:A new direct bonding system for plastic brackets. Am J Orthod 59:350-361, 1971
 26. Newman GV et al.:Adhesion promoters, their effect on the bond strength of matal brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 108:237-41, 1995
 27. Nielson IL, Paydso U, and Winkler T:Direct bonding on impacted teeth. Am J Orthod 68: 666-670, 1975
 28. Oliver RG, and Hardy P:Practical and theoretical aspects of a method of orthodontic traction to unerupted teeth illustrated by three cases. British J Ortho 13:229-236, 1986
 29. Orton HS, Garvey MT, and Pearson MH:

- Extrusion of the ectopic maxillary canine using a lower removable appliance. Am J Orthod Dentofac Orthop 107:349-59, 1995
30. Otsuki A, and Takeuchi M:A simple fissure sealant and its tensile bond strength to etched bovine enamel. Caries Res 10:463-472, 1976
 31. Pashley EL et al.:Comparison of in vivo vs in vitro bonding of composite resin to the dentin of canine teeth. J Dent Res 67(2):467-470, 1988
 32. Phillips RW:Skinner's science of dental materials. WB Saunders Co. p214-247, 1982
 33. Powers JM, Finger WJ, and Xie J:Bonding of composite resin to contaminated human enamel and dentin. J Prostho 4(1):28-32, 1995 March
 34. Reynolds IR:A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 2:171-178, 1975
 35. Sain DR, Hollis WA, and Togrye AR:Correction of a superiorly displaced impacted canine due to a large dentigerous cyst. Am J Orthod Dentofac Orthop 102:270-6, 1992
 36. Sandler JP:An attractive solution to unerupted teeth. Am J Orthod Dentofac Orthop 100:489-93, 1991
 37. Sargison AE, and Gordon PH:An ex vivo study of self-, light-, and dual-cured composites for orthodontic bonding. British J Ortho 22:319-23, 1995
 38. Turpin DL, and Woloshyn H:Two patients with severely displaced maxillary canines respond differently to treatment. Angle Orthod 65(1):13-22, 1995
 39. Vanarsdall RL, and Corn H:Soft-tissue management of labially positioned unerupted teeth. Am J Orthod 72(1):53-64, 1977 Jul
 40. Vermette ME, Kokich VG, and Kennedy DB: Uncovering labially impacted teeth. Angle Orthod 65(1):23-32, 1995
 41. Wang WN, and Tarng TH:Evaluation of the sealant in orthodontic bonding. Am J Orthod Dentofac Orthop 100:209-11, 1991
 42. Weibull W:A statistical distribution function of wide application. J Appl Mech 18:293-297, 1951
 43. Wertz RA:Treatment of transmigrated mandibular canines. Am J Orthod Dentofac Orthop 106:419-27, 1994
 44. Wolf GR:Extraction decisions based on treatment responses. Angle Orthod 63(4):251-256, 1993
 45. 구영미, 김진태:만곡된 상악 중절치의 치료증례, 대한소아치과학회지, 17(2):213-217, 1990
 46. 권병렬, 이종갑:과잉치료로 인해 미맹출한 상악 중절치의 치료, 대한소아치과학회지, 18(2):91-95, 1991
 47. 권태희, 이종갑, 손홍규, 김형태:매복 상악 견치의 맹출유도에 관한 증례보고, 대한소아치과학회지, 20(2):407- 414, 1993
 48. 김상윤, 김진태, 김무:외상성 합입치아의 교정적 재위치화, 대한소아치과학회지, 15(1):84-88, 1988
 49. 김영진, 김교한:상아질면의 산처리시 치수에 미치는 영향과 산처리된 상아질면에 대한 복합력 진의 접착력에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 17(1):256-261
 50. 김용식, 김진태:미맹출 상악절치의 교정적 재위치화, 대한소아치과학회지, 16(2):107-111, 1989
 51. 김유정, 이광희:미맹출된 제1소구치의 외과적 노출과 치은하 견인에 의한 맹출유도에 관한 증례보고, 대한소아치과학회지, 17(2):168-172, 1990
 52. 김정태, 김현정, 남순현:매복 미맹출 상악 중절치의 외과적 노출과 교정력을 이용한 치협례, 대한소아치과학회지, 22(2):486-492, 1995
 53. 김종범, 손동수:조대술과 교정력을 이용한 합치성 낭종내 치아의 맹출유도에 관한 증례보고, 대한소아치과학회지, 18(2):102-105, 1991
 54. 김종훈, 김진태:산부식 처리된 법랑질 표면의 타액오염시 재산부식 시간에 따른 레진 접합력에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 16(1):144-153, 1989
 55. 김태영, 손동수, 전광선:교정력을 이용한 파절치의 치료, 대한소아치과학회지, 15(1):99-103,

1988

56. 남영희, 등:매복 미맹출 상악 중절치의 교정적 처치에 관한 증례보고, 대한소아치과학회지, 15(1):173-178, 1988
57. 박근철, 김용기:불소가 함유된 교정용 레진의 접착강도 및 항우식 효과에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 20(1):145-158, 1993
58. 박동범, 김순주:Glass ionomer cement의 산부식 시간에 따른 복합레진과의 결합력에 관한 실험적 연구, 대한소아치과학회지, 16(1):155-161, 1989
59. 박득희, 이광희:매복 및 변위된 상악 견치의 치료증례, 대한소아치과학회지, 20(2):443-449, 1993
60. 백병주, 김수야, 노용관:매복 상악 중절치와 견치의 외과적 & 교정적 처치에 관한 증례보고, 대한소아치과학회지, 18(2):185-191, 1991
61. 서가진, 김진태:산부식처리된 법랑질표면의 타액오염이 레진접합력에 미치는 영향에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 14(1):221-231, 1987
62. 손동수:Compound composite odontoma에 의한 미맹출 상악절치의 교정적 처치에 관한 고찰, 대한소아치과학회지, 16(2):41-44, 1989
63. 신재호, 장기택, 한세현:표면처리방법에 따른 복합레진의 결합강도에 관한 실험적 연구, 대한

소아치과학회지, 24(1):112-123, 1997

64. 윤여상, 김용기:산부식전 수종의 법랑질 표면 처리과정이 레진 결합력에 미치는 효과 (전단 강도 분석 및 주사전자현미경연구), 대한소아치과학회지, 22(1):306-317, 1995
65. 이상언, 장기택, 이상훈:Inverted maxillary incisor의 외과적 노출과 교정력을 이용한 치협례, 대한소아치과학회지, 22(2):617-624, 1995
66. 장기택, 손동수:산부식 처리된 법랑질 표면의 구강내 변화에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 16(1):196-201, 1989
67. 장철호, 한세현:산부식전 유치 법랑질표면의 기계적 처리가 레진접합력에 미치는 영향에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 18(1):202-214, 1991
68. 정수연, 한세현:외과적 노출과 교정력에 의한 매복 상악 견치의 치협례, 대한소아치과학회지, 20(2):372-379, 1993
69. 정혜인, 김신, 정태성:광중합 GIC 충전후 경과 시간 및 표면처리에 따른 복합레진과의 결합강도에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 24(1):1997
70. 진승희, 김순주:유치의 법랑질 전처치가 복합레진 접합력에 미치는 영향에 관한 연구, 대한소아치과학회지, 13(1):99-106, 1986

전자현미경 사진 부도

- Fig. 8A. Ortho-One (Group 1) 치면(어두운 면)과 레진(밝은 면)사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 8B. Ortho-One (Group 2) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 8C. Ortho-One (Group 3) 산부식면이 노출되어있으며, 혈액오염부위가 어둡게 관찰된다.
- Fig. 8D. Ortho-One (Group 4) 치면에 접착된 복합레진이 관찰된다.
- Fig. 9A. Rely-a-Bond (Group 1) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 9B. Rely-a-Bond (Group 2) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 9C. Rely-a-Bond (Group 3) 산부식면이 노출되어있으며, 혈액오염부위가 군데군데 어둡게 관찰된다.
- Fig. 9D. Rely-a-Bond (Group 4) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰되나 종종 혈액이 모여 있었던 곳이 빈 공간으로 관찰된다..
- Fig. 10A. Ortho-Two (Group 1) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 10B. Ortho-Two (Group 2) 치면과 레진사이의 긴밀한 접촉이 관찰된다.
- Fig. 10C. Ortho-Two (Group 3) 산부식면이 일부 노출되어있으며, 혈액오염부위가 어둡게 관찰된다.
- Fig. 10D. Ortho-Two (Group 4) Bonding resin 면이 노출되어있으며, 혈액 오염 부위가 지저분하게 관찰된다.
- Fig. 11A. Phase II (Group 1) 산부식부위 및 bonding resin면이 관찰된다.
- Fig. 11B. Phase II (Group 2) 산부식부위 및 bonding resin면이 관찰된다.
- Fig. 11C. Phase II (Group 3) 산부식면이 노출되어있으며, 혈액 오염 부위가 지저분하게 관찰된다.
- Fig. 11D. Phase II (Group 4) Bonding resin위로 지저분한 면이 관찰된다.

사진부도 ①

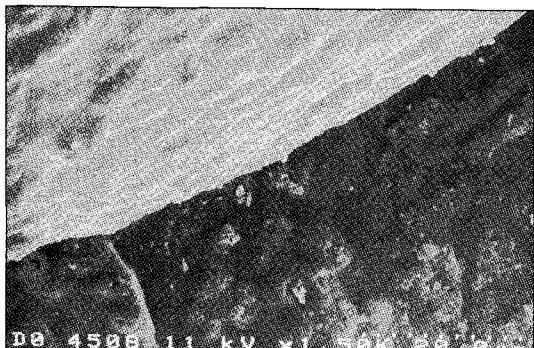


Fig. 8A. Ortho-One (Group 1)

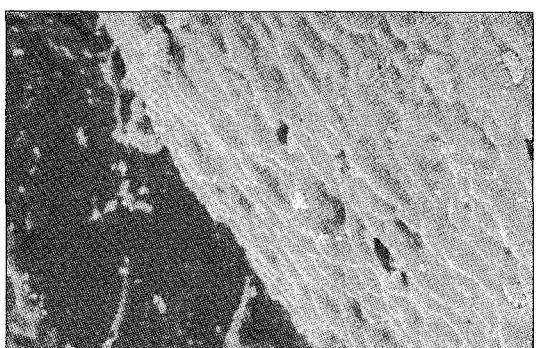


Fig. 8B. Ortho-One (Group 2)

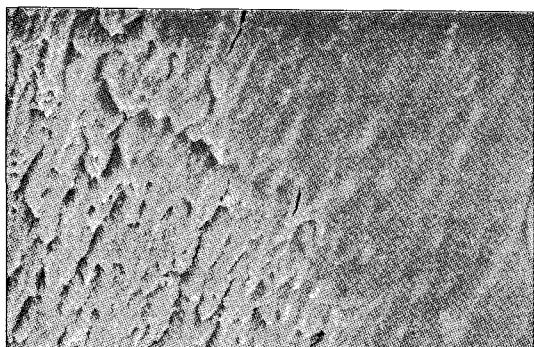


Fig. 8C. Ortho-One (Group 3)

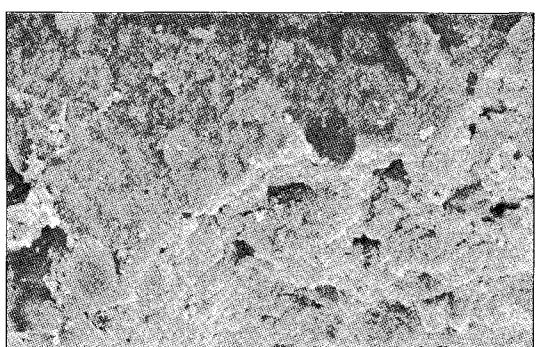


Fig. 8D. Ortho-One (Group 4)

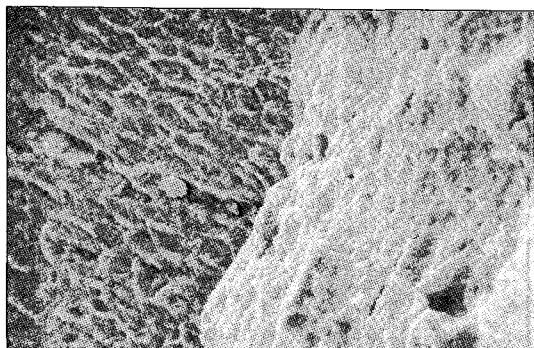


Fig. 9A. Rely-a-Bond (Group 1)

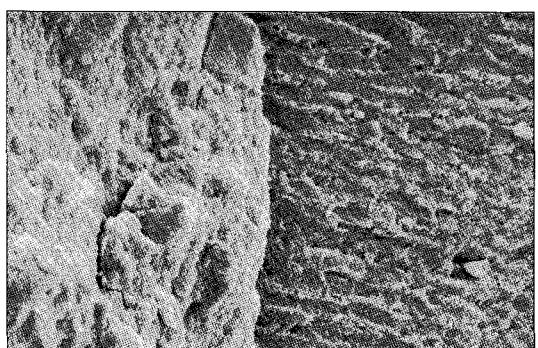


Fig. 9B. Rely-a-Bond (Group 2)

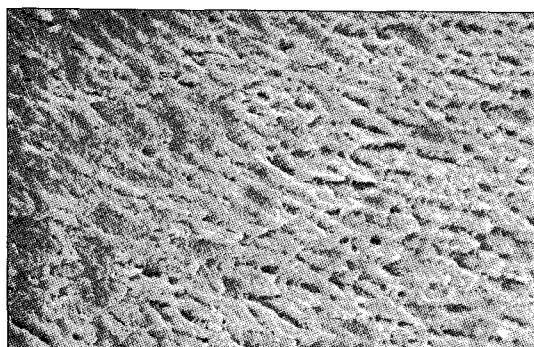


Fig. 9C. Rely-a-Bond (Group 3)

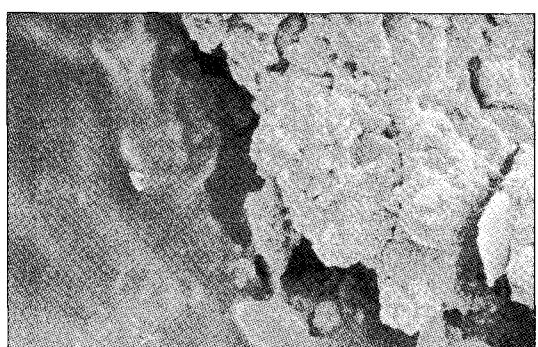


Fig. 9D. Rely-a-Bond (Group 4)

사진부도 ②

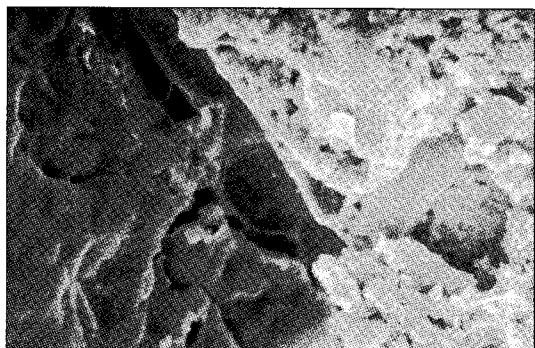


Fig. 10A. Ortho-Two (Group 1)

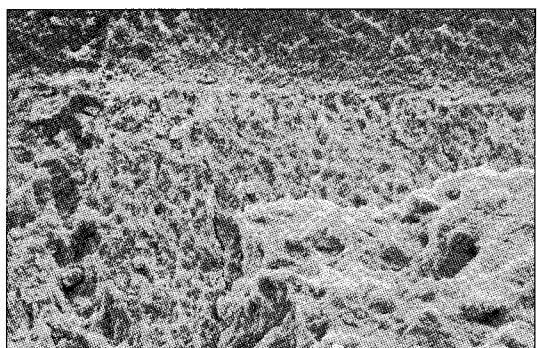


Fig. 10B. Ortho-Two (Group 2)



Fig. 10C. Ortho-Two (Group 3)



Fig. 10D. Ortho-Two (Group 4)

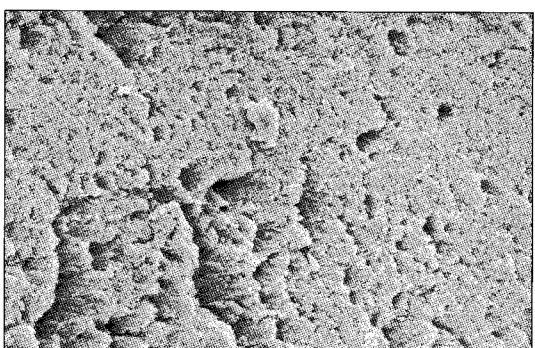


Fig. 11A. Phase II (Group 1)

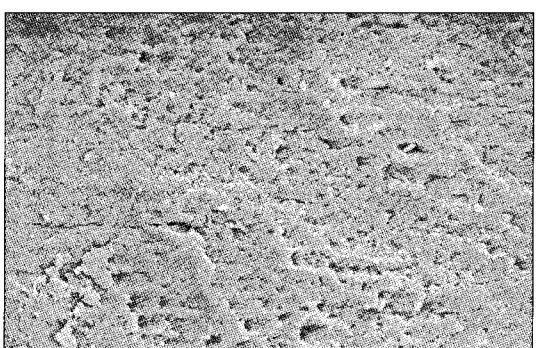


Fig. 11B. Phase II (Group 2)

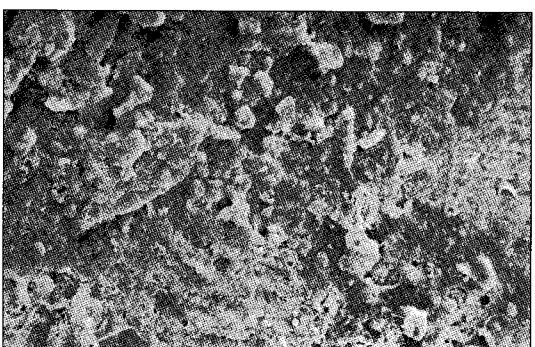


Fig. 11C. Phase II (Group 3)

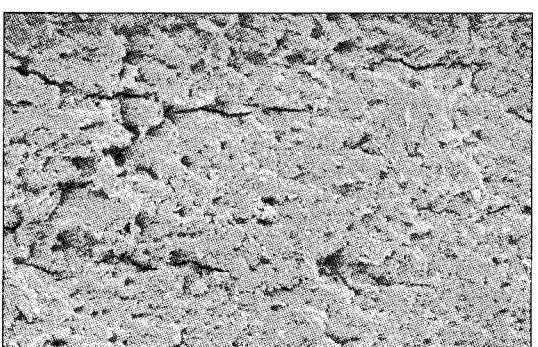


Fig. 11D. Phase II (Group 4)