

의치상 레진의 표면 전처리가 연성 이장재와의 인장결합강도에 미치는 영향

부산대학교 치과대학 보철학교실

윤민철 · 정창모 · 전영찬

1. 서 론

연성 이장재는 염증에 이환된 점막을 완화하고,¹ 의치 지지 조직에 균일한 응력 분산을 유도하며,² 완충 효과를 나타내는 탄성재이다.³ 이러한 이장재는 잔존골 흡수가 심하거나 얇고 탄성이 없는 점막을 가진 환자 또는 악안면 결손 환자나 아크릴릭 의치상의 딱딱함을 참지 못하는 환자 등에 주로 사용되어 왔다.⁴

연성 이장재는 재료의 성분에 따라 가소제를 첨가한 아크릴릭 레진, 가소제를 첨가한 비닐 레진, 실리콘, 그리고 Polyphosphazine으로 분류할 수 있으며,⁵ 재료의 수명에 따라 단기, 중기 또는 장기 이장재로 분류하기도 한다.^{6,7} 이 중 아크릴릭 계열의 연성 이장재는 중합체의 종류나 가소제의 양과 성분, 그리고 단량체의 첨가 유무 등에 따라 구강 내에서 한 달 이내 사용 가능한 조직 조절제와 그 이상 기간 동안 사용이 가능한 중기 또는 장기 이장재로 구분할 수 있으며, 실리콘 계열의 연성 이장재는 대부분 장기 이장재로 분류된다.⁸

연성 이장재 사용에 따른 임상적 문제점으로는 시간 경과에 따른 경화, 변색, *Candida albicans*의 군락 형성, 다공성 외에도 낮은 찢김 강도 등을 들 수 있으며,⁹ 구강 내 장착하는 동안 일어나는 의치상 레진과의 접촉 실패 또한 개선되어야 할 문제점 중의 하나이다.^{9,10} 의치상 레진과 연성 이장재간의 분리는 의치를 불결하게 하고 기능 장애를 초래한다.⁹

실리콘 계열의 이장재는 의치상용 아크릴릭 레진과 서로 다른 분자 구조를 가지고 있기 때문에 화학적으로 결합할 수 없다.¹¹ 따라서 의치상 레진과 실리콘 이장재간의 접촉력은 계면 접촉체에 크게 의존하며, 접촉체는 아크릴릭 레진 단량체와 같이 중합된 의치상 레진 표면을 용해하는 용매를 포함하고 있다.¹¹

한편 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 화학적 성분은 일반적인 의치상 레진과 유사하기 때문에 결합력이 우수하여 접촉체 없이 사용되고 있다.¹² 그러나 단량체 확산과 중합에 의해 결합이 이루어지는 일반적인 아크릴릭 레진 계열의 경성 이장재¹³와는 달리, 연성 이장재는 다량체가 에탄올과 같은 극성 용매에 의해 용해되어 형성된 혼합층에 의해 결합되기 때문에,³ 임상에서는 불충분한 결합력으로 인한 부분적인 접촉 실패를 흔히 경험할 수 있다.

오래 전부터 의치상 레진과 연성 이장재간의 결합력을 증진시키기 위한 다수의 연구가 보고되어 왔다.^{4,11,13-17} 이러한 방법들은 크게 bur¹⁴ 또는 sandblasting^{4,16}이나 laser¹⁷ 등을 이용하여 의치상 표면을 거칠게 하는 기계적 전처리와 acetone¹¹이나 methylene chloride¹¹ 또는 methyl methacrylate^{4,11}와 같은 유기 용매를 이용하여 의치상 표면에 미세요철을 형성하는 화학적 전처리로 구분할 수 있다.

Craig와 Gibbons¹⁵은 의치상 표면을 거칠게 하면 연성 이장재와의 접촉력이 증가된다고 보고한 반면, sandblasting을 이용한 Amin 등¹⁶과 airborne-particle abrasion과 레이저를 이용한 Jacobsen 등¹⁷은 의

치상 표면의 거칠기로 인해 오히려 접착력이 감소되었음을 보고한 바 있다. 한편 Sarac 등⁴은 의치상 레진에 airborne-particle abrasion 및 methyl methacrylate를 이용하여 전처리 할 경우 실리콘 계열 연성 이장재와 의치상 레진간의 미세누출이 감소됨을 보고하였으며, Sarac 등¹¹은 acetone은 30초, methylene chloride는 15초, 그리고 methyl methacrylate는 180초간 적용할 때 실리콘 계열 연성 이장재와 의치상 레진간의 높은 인장결합강도를 얻을 수 있다고 하였다.

이처럼 연성 이장재의 접착력에 대한 기계적 전처리의 상이한 효과가 보고 되고 있으며, 또한 화학적 전처리가 의치상 레진과 실리콘 연성 이장재간 결합력을 증진시킨다는 다수의 연구가 보고되었다. 하지만 화학적 전처리가 아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재와 의치상 레진간 접착력에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 미흡한 편이다.

이에 본 연구에서는 의치상 레진의 기계적 또는 화학적 표면 전처리가 아크릴릭 레진 및 실리콘 계열 연성 이장재와의 인장결합강도에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에는 연성 이장재로 아크릴릭 레진 계열의 Soft-Liner (GC Co., Tokyo, Japan), Coe-Soft (GC America Inc., Illinois, USA)와 자가중합형 실리콘 계열의 Mucosoft (Parkell Inc., New-york, USA), Dentusil (Bosworth Co., Illinois, USA)을 사용하였으며 (Table I), 시편용 의치상 레진으로는 열중합형인 Vertex RS (Vertex-Dental B.V., Zeist, Netherlands)를 사용하였다.

2. 연구 방법

(1) 시편제작

길이 40mm, 직경 12mm 원통 모양의 음형을 갖는 알루미늄 플라스크를 절삭하여 제작하였다. Vertex RS를 제조회사의 지시에 따라 혼합한 후 병상기에 플라스크에 전입하고, 73℃에서 9시간 동안 온성한 다음 취출하여 잉여 레진을 제거하였다. 이렇게 제작된 원통형 레진 막대들을 37±1℃ 증류수에서 24시간 동안 보관하였다.

3mm 두께의 연성 이장재 적용을 위하여 두 개의 원통형 레진 막대를 총 길이 83mm가 되도록 왁스로 평행하게 연결하고 플라스크에 매몰한 후 제거하였다. 이때 시편의 제거를 용이하게 하기 위하여 regular body의 실리콘 인상재 (Imprint: 3M ESPE, Minnesota, USA)로 피복한 다음 석고에 매몰하였다.

연성 이장재 적용에 앞서 기계적 전처리로 거칠기를 부여한 실험군들은 이장재와 접촉될 레진 막대의 단면을 80-grit silicone carbide paper로 연마하였으며, 화학적 전처리를 시행한 실험군들은 선학들의 연구¹¹를 참고로 단면에 acetone을 30초간, methylene chloride를 15초간, 그리고 methyl methacrylate를 180초간 각각 적용하고 2분간 건조시켰다. 실리콘 계열의 연성 이장재를 적용할 실험군들에서는 제조회사에서 제공한 접착제를 추가로 도포하고 지시에 따라 2분간 건조시켰다.

연성 이장재 적용을 위하여 전처리가 끝난 레진 막대들을 플라스크에 위치시키고 제조회사의 지시에 따라 이장재를 혼합하여 적용한 다음, 오일프레스 (Sejong, Korea)에서 2.5kg의 하중 하에 10분간 실온에서 중합시켰다. 시편을 플라스크로부터 제거한 다음 집착 단면 이외에 붙어 있는 잉여 이장재를 날카로운 칼로 조심스럽게 제거하였다.

시편은 네 가지 종류의 연성 이장재와, 기계적 전

Table I. Soft lining materials investigated

Material	Product	Form	Mixing ratio	Manufacturer
Self-cured acrylic	Soft-Liner	Powder and liquid	2.2g : 1.8g	GC Co., Japan
Self-cured acrylic	Coe-Soft	Powder and liquid	11g : 8ml	GC America Inc., USA
Self-cured silicone	Mucosoft	Two pastes cartridge	Automixing	Parkell Inc., USA
Self-cured silicone	Dentusil	Two pastes cartridge	Automixing	Bosworth Co., USA

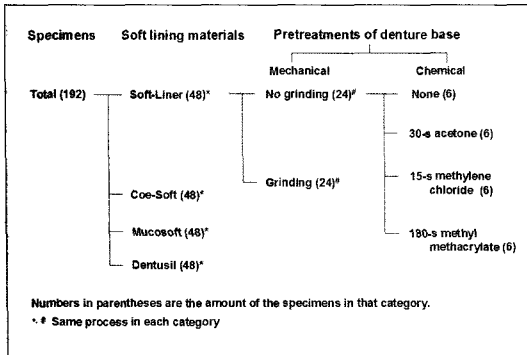


Fig. 1. Classification chart of specimens per pretreatment condition.

처리를 시행한 군과 하지 않은 군, 그리고 화학적 전처리 하지 않은 군과 세 가지 화학적 전처리를 시행한 군을 조합한 32개의 실험군에 대하여 6개씩, 총 192개의 시편을 제작하였다 (Fig. 1).

완성된 시편들을 5°C와 55°C로 설정된 열순환 수조 (Model RB000, R&B Co., Korea)에서 30초씩 1,000회의 열순환을 시행하였다.

(2) 인장결합강도 측정

만능시험기 (Universal Testing Machine Model 4301; Instron, England)에 시편을 위치시키고 5mm/min의 crosshead speed로 인장력을 가하여 최대인장하중을 측정하고 단위면적당 하중으로 환산하였다 (Fig. 2).

(3) 주사전자현미경 관찰

기계적 전처리 및 화학적 전처리에 따른 레진 막대 접착면의 표면변화를 주사전자현미경 (JSM-6480LV, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

(4) 통계분석

각 연성 이장재에서 기계적 전처리나 화학적 전처리 또는 이 두 가지 전처리 방법의 상호작용에 의한 인장결합강도의 차이를 이원분산분석법 (two-way ANOVA)으로, 연성 이장재간의 인장결합강도의 차이를 일원분산분석법 (one-way ANOVA)으로 분석하고 유의성을 다중범위검정법 (Scheffe's test)을 이용하여 검정하였다.

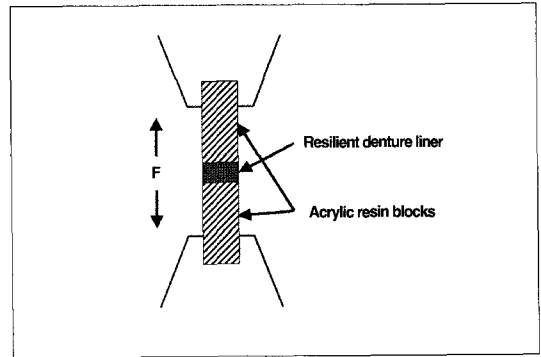


Fig. 2. Schematic diagram of testing apparatus.

III. 결 과

기계적 전처리 및 화학적 전처리 유무에 따른 인장결합강도의 평균값과 표준편차는 Table II와 같으며, 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재는 기계적 또는 화학적 전처리에 따른 인장강도의 변화가 적은 반면 실리콘 계열 연성 이장재는 아크릴릭 레진 계열에 비해 비교적 큰 차이를 보였다.

각 연성 이장재에 따른 이원분석결과는 Table III과 같다. 분석결과 기계적 전처리 또는 화학적 전처리에 따라 인장결합강도에 유의한 차이를 나타내었고 두 전처리 방법 간에 상호작용이 존재하였다 ($P<.05$).

(1) 기계적 전처리에 따른 인장결합강도의 차이

모든 연성 이장재에서 표면 거칠기를 부여함으로써 인장결합강도에 유의한 차이가 나타났다 ($P<.05$) (Table IV).

실리콘 계열의 Mucosoft와 Dentusil은 기계적 전처리 후 인장결합강도가 증가하였으나, 아크릴릭 레진 계열의 Soft-Liner와 Coe-Soft는 오히려 인장결합강도가 감소하였다 ($P<.05$).

(2) 화학적 전처리에 따른 인장결합강도의 차이

모든 연성 이장재에서 화학적 전처리 방법에 따라 인장결합강도에 유의한 차이가 있었다 ($P<.05$) (Table V).

아크릴릭 레진 계열의 Soft-Liner에서는 acetone을

적용하였을 때 결합강도가 증가하였지만 methylene chloride를 적용하였을 때는 결합강도가 감소하였다 ($P<.05$). Coe-Soft에서는 methyl methacrylate를 적용하였을 때만 결합강도가 증가하였다 ($P<.05$).

실리콘 계열의 Mucosoft에서는 모든 화학적 전처리 후 결합강도가 증가하였으며 전처리 방법간에는 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P<.05$). 한편 Dentusil에서는 methylene chloride와 methyl methacrylate를 적용하였을 때만 결합강도가 증가하였다 ($P<.05$).

아크릴릭 레진 계열의 결합강도 증가량은 실리콘 계열 이장재에 비해 비교적 적었다.

(3) 기계적 및 화학적 전처리의 상호작용에 의한 인장결합강도의 차이

각 연성 이장재에서 두 가지 전처리 방법의 상호작용에 의한 인장결합강도의 유의차를 Table II에 함께 나타내었다.

Soft-Liner에서는 기계적 전처리와 관계없이 acetone을 적용하였을 때 다른 군들에 비해 유의하게 높

은 인장결합강도를 보였으며 ($P<.05$), Coe-Soft에서는 기계적 전처리에 의해 인장결합강도가 감소되었으며, 화학적 전처리도 인장결합강도를 증가시키지 못했다 ($P>.05$). Table III에서 볼 수 있듯이 아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재에서는 전반적으로 F값이 큰 기계적 전처리가 화학적 전처리에 비해 결합강도에 더 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

Mucosoft에서는 기계적 및 화학적 전처리를 함께 시행한 실험군들 모두에서 인장결합강도가 증가되었으며 ($P<.05$), 기계적 전처리를 시행하지 않은 실험군들에서는 methyl methacrylate를 적용한 경우에만 인장결합강도가 증가되었다 ($P<.05$). Mucosoft에서 전처리에 따른 인장결합강도 증가에는 기계적 전처리가 더 큰 영향을 미쳤다 (Table III).

Dentusil에서는 기계적 전처리 없이 acetone을 적용한 경우를 제외하고는 모든 기계적 또는 화학적 전처리가 인장결합강도를 증가시켰으며 ($P<.05$), 두 가지 전처리 모두가 유사한 정도로 인장결합강도 증가에 영향을 주었다 (Table III).

Table II. Mean values and SDs of tensile bond strength (kg/cm²)

Material	Chemical pretreatment	Mechanical pretreatment	
		No grinding	Grinding
Soft-Liner	None	5.85 ± 0.26 ^{bc}	5.84 ± 0.12 ^{bc}
	Acetone	6.64 ± 0.12 ^{aa}	6.32 ± 0.25 ^{ab}
	Methylene chloride	5.82 ± 0.37 ^{cc}	5.26 ± 0.11 ^{dd}
	Methyl methacrylate	5.85 ± 0.19 ^{bc}	5.93 ± 0.15 ^{bc}
Coe-Soft	None	5.76 ± 0.14 ^{ab}	5.13 ± 0.11 ^d
	Acetone	5.45 ± 0.19 ^{bcd}	5.40 ± 0.07 ^{cd}
	Methylene chloride	5.51 ± 0.16 ^{abc}	5.30 ± 0.15 ^{cd}
	Methyl methacrylate	5.82 ± 0.23 ^a	5.48 ± 0.15 ^{bc}
Mucosoft	None	10.39 ± 1.15 ^d	11.76 ± 0.92 ^{bcd}
	Acetone	10.71 ± 0.58 ^{cd}	13.96 ± 0.60 ^a
	Methylene chloride	11.81 ± 0.62 ^{bcd}	12.99 ± 1.47 ^{ab}
	Methyl methacrylate	12.65 ± 1.14 ^{abc}	13.69 ± 0.28 ^{ab}
Dentusil	None	12.81 ± 0.88 ^c	14.97 ± 0.44 ^b
	Acetone	13.19 ± 0.87 ^c	16.04 ± 0.60 ^{ab}
	Methylene chloride	16.72 ± 0.78 ^a	16.80 ± 0.80 ^a
	Methyl methacrylate	16.13 ± 0.46 ^{ab}	16.55 ± 0.81 ^{ab}

Identical superscripted small letters denote no significant differences among surface pretreatments in each soft lining material ($P>.05$).

Table III. Results of two-way ANOVA

Material	Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F	P
Soft-Liner	Mechanical	0.7983	1	0.7983	44.73	<.001
	Chemical	7.0526	3	2.3506	15.19	<.001
	Interaction	1.2426	3	0.4142	7.88	<.001
	Error	2.1021	40	0.0526		
	Total	11.1956	47			
Coe-Soft	Mechanical	1.0770	1	1.0770	52.23	<.001
	Chemical	1.1594	3	0.3865	18.74	<.001
	Interaction	0.0108	3	0.0036	0.17	
	Error	0.8248	40	0.0206		
	Total	3.0720	47			
Mucosoft	Mechanical	35.0721	1	35.0721	41.28	<.001
	Chemical	27.2397	3	9.0799	10.69	<.001
	Interaction	9.6770	3	3.2257	3.80	<.05
	Error	33.9830	40	0.8496		
	Total	105.9718	47			
Dentusil	Mechanical	22.7839	1	22.7839	43.63	<.001
	Chemical	67.6848	3	22.5616	43.21	<.001
	Interaction	16.1191	3	5.3730	10.29	<.001
	Error	20.8876	40	0.5222		
	Total	127.4754	47			

Table IV. Mean values and SDs of tensile bond strength (kg/cm²) according to mechanical pretreatment conditions

Pretreatment	Soft-Liner	Coe-Soft	Mucosoft	Dentusil
No grinding	6.04 ± 0.43 ^a	5.64 ± 0.23 ^a	11.39 ± 1.25 ^b	14.71 ± 1.90 ^b
Grinding	5.84 ± 0.42 ^b	5.33 ± 0.18 ^b	13.10 ± 1.23 ^a	16.09 ± 0.96 ^a

Identical superscripted small letters denote no significant differences among mechanical pretreatments in each soft lining material ($P > .05$).

Table V. Mean values and SDs of tensile bond strength (kg/cm²) according to chemical pretreatment conditions

Pretreatment	Soft-Liner	Coe-Soft	Mucosoft	Dentusil
None	5.85 ± 0.42 ^b	5.45 ± 0.35 ^b	11.07 ± 1.22 ^b	13.89 ± 1.31 ^b
Acetone	6.48 ± 0.25 ^a	5.43 ± 0.14 ^b	12.33 ± 1.79 ^a	14.61 ± 1.65 ^b
Methylene chloride	5.54 ± 0.39 ^c	5.41 ± 0.20 ^b	12.40 ± 1.24 ^a	16.76 ± 0.75 ^a
Methyl methacrylate	5.89 ± 0.17 ^b	5.65 ± 0.23 ^a	13.17 ± 0.96 ^a	16.34 ± 0.66 ^a

Identical superscripted small letters denote no significant differences among chemical pretreatments in each soft lining material ($P > .05$).

Table VI. Mean values and SDs of tensile bond strength (kg/cm²) among soft lining materials

Material	Mean	SD
Soft-Liner	5.94 ^c	0.43
Coe-Soft	5.48 ^c	0.26
Mucosoft	12.24 ^b	1.50
Dentusil	15.40 ^a	1.65

Identical superscripted small letters denote no significant differences among soft lining materials at each vertical column ($P>.05$).

Table VII. Results of one way-ANOVA for tensile bond strength among soft lining materials

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	3399.1962	3	1133.0654	858.94	0.001
Within groups	247.7148	188	1.3176		
Total	3646.9110	191			

Table VIII. Failure modes after tensile testing

Material	Chemical pretreatment	Mechanical pretreatment					
		No grinding			Grinding		
		AD	CO	MI	AD	CO	MI
Soft-Liner	None	-	5	1	-	4	2
	Acetone	-	4	2	-	5	1
	Methylene chloride	-	4	2	-	4	2
	Methyl methacrylate	-	5	1	-	5	1
Coe-Soft	None	-	5	1	-	5	1
	Acetone	-	4	2	-	5	1
	Methylene chloride	1	4	1	-	3	3
	Methyl methacrylate	1	3	2	-	3	3
Mucosoft	None	-	4	2	-	4	2
	Acetone	1	4	1	-	3	3
	Methylene chloride	-	3	3	-	3	3
	Methyl methacrylate	-	4	2	-	4	2
Dentusil	None	-	4	2	-	2	4
	Acetone	1	2	3	-	2	4
	Methylene chloride	-	3	3	-	1	5
	Methyl methacrylate	-	3	3	-	2	4

AD, adhesive failure at interface; CO, cohesive failure of soft lining material; MI, mixed failure at interface and soft lining material.

(4) 연성 이장재의 종류에 따른 인장결합강도의 차이
실리콘 계열의 연성 이장재가 아크릴릭 레진 계열

의 연성 이장재보다 더 큰 인장결합강도를 보였으며 ($P<.05$), 실리콘 계열 연성 이장재에서는 Mucosoft보다 Dentusil의 인장결합강도가 더 크게 나타났다

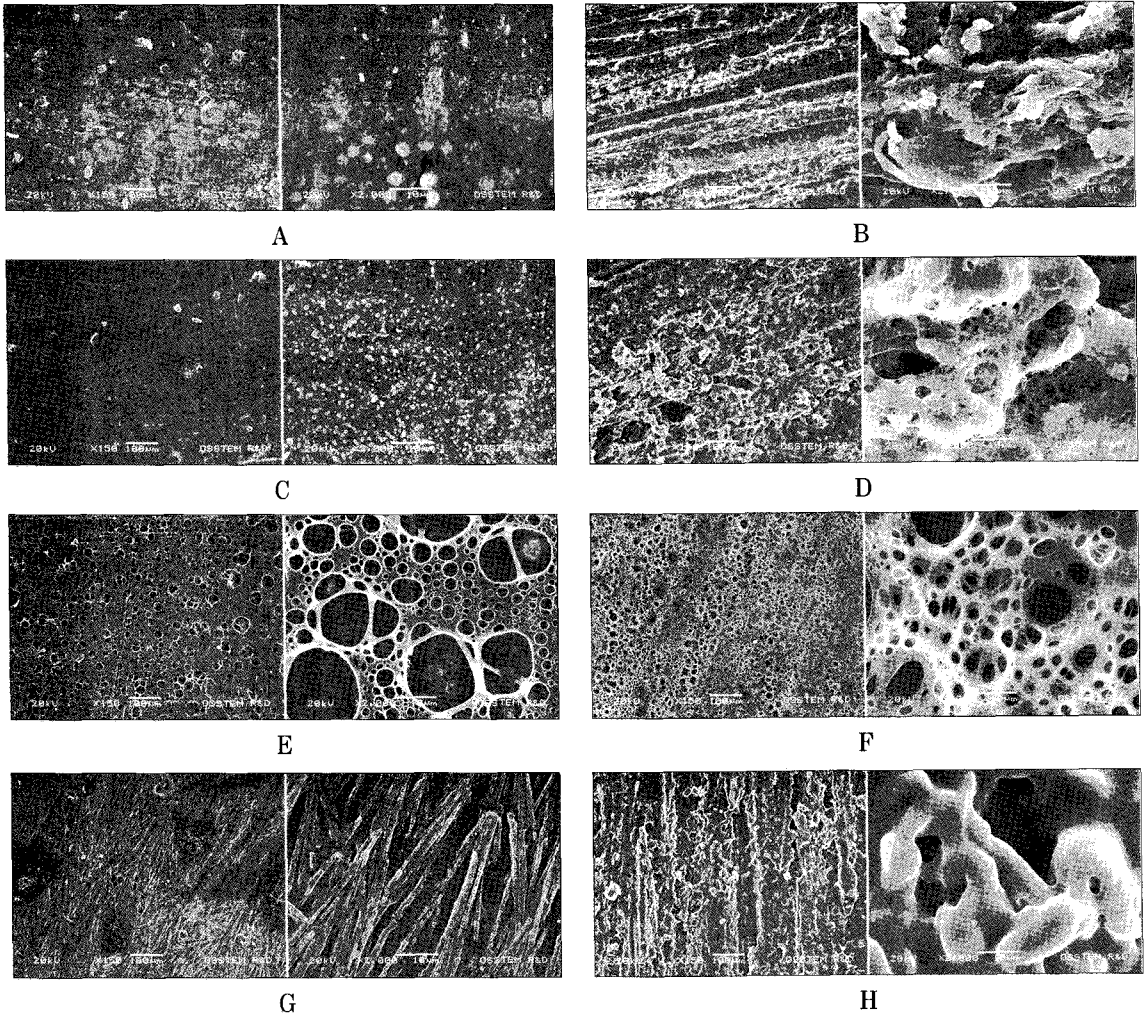


Fig. 3. SEM micrographs of acrylic denture base resin surfaces after mechanical and/or chemical treatment. (left, $\times 150$; right, $\times 2,000$) A, No treatment(control); B, Grinding; C, 30-s acetone treatment; D, Grinding and 30-s acetone treatment; E, 15-s methylene chloride treatment; F, Grinding and 15-s methylene chloride treatment; G, 180-s methyl methacrylate treatment; H, Grinding and 180-s methyl methacrylate treatment.

(*P*),05), 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재인 Soft-Liner와 Coe-Soft간에는 유의한 차이가 없었다 (*P*),05) (Table VI, VII).

(5) 실패양상

인장결합강도 측정 후 실패양상을 Table VIII에 정리하였다. 전반적인 실패양상은 아크릴릭 레진 계열의 이장재에서는 주로 응집실패가 일어났으며, 실리콘 계열의 이장재에서는 주로 응집실패와 혼합실패가 비슷한 빈도로 관찰되었다.

(6) 전처리면의 주사전자현미경 관찰

대조군은 레진 기질에 구형의 다량체가 포매된 전형적인 형태와 매끄러운 표면을 보였으며 (Fig. 3A), 기계적 전처리를 시행한 군에서는 거친 결을 가지는 요철형태가 관찰되었다 (Fig. 3B). Acetone을 30초간 적용한 시편들에서는 표면에 부분적으로 세공이 형성된 것을 관찰할 수 있었으며 (Fig. 3C와 D), methylene chloride를 15초간 적용한 시편들에서는 표면 용해가 더 크게 일어나 acetone 처리에 비해 더 다공성인 표면을 나타내었고 (Fig. 3E), 특히 기계적

전처리를 한 시편에서는 이러한 다공성 변화가 돌출된 결부위에서 많이 일어나 표면이 망상처럼 보였다 (Fig. 3F). Methyl methacrylate를 180초간 적용한 시편은 표면 전체에 작은 막대가 불규칙하게 배열된 것 같은 양상을 보였는데 (Fig. 3G), 기계적 전처리 시편에서는 거친 결의 끝이 녹아 부드럽게 변화된 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 3H).

IV. 고 찰

아크릴릭 레진 계열 이장재는 분말과 액으로 구성되어 있으며,³ 액에 포함되어 있는 용매의 종류에 따라 알코올-가스제 체계와 단량체-가스제 체계로 나뉜다.¹⁸ 알코올-가스제 체계에 포함된 알코올은 분말 입자를 부풀게 하여 가스제가 침투할 수 있도록 하며, 좀 더 빠른 결화를 유도한다.¹⁸ 하지만 알코올은 빠른 속도로 소실되기 때문에 이러한 이장재는 구강 내에서 빨리 단단해지며 사용기간이 짧아 주로 조직 조절을 목적으로 사용된다.³

아크릴릭 레진에 연성을 부여하는 다른 방법으로 일반적인 methyl methacrylate 중합체 대신 ethyl methacrylate나 butyl methacrylate와 같이 분자량이 큰 기를 갖는 중합체를 사용하여 유리전이 온도를 낮추는 방법이 있다.¹⁸ 알코올-가스제 체계에서도 이러한 방법을 이용하면 좀 더 오랜 시간 연성이 유지될 수 있기 때문에 이장재로 사용이 가능하며, 본 연구에서는 이와 같은 아크릴릭 레진 계열의 이장재를 사용하였다. 한편 단량체-가스제 체계에서는 액에 아크릴릭 단량체가 포함되어 있어, 단량체가 중합되면 가스제가 중합체 사슬을 쉽게 빠져 나오지 못하기 때문에 보다 장기간 사용이 가능하다.^{5,19}

실리콘 계열 연성 이장재는 가스제에 의해 탄성을 얻는 것이 아니기 때문에 다른 재료보다는 시간이 지나도 좀 더 안정적이다.⁵ 하지만 의치상 재료와의 결합력이 약하여 접착제가 필요하며, 수분 흡수와 건조에 따른 체적변화가 심한 단점이 있다.⁵ 접착제에는 휘발성 용매에 실리콘 중합체가 포함되어 있는데, 중합체 분자가 의치상의 아크릴릭을 침투하여 용매의 휘발 후 그 속에 고정된 다음 연성 의치상 이장재가 중합되면서 이 실리콘 중합체와 가교되어 의치상에 부착된다.²⁰

의치상과 연성 이장재간의 결합력은 침수, 접착제

의 사용, 의치상 재료의 성질 등과 같은 여러 요소들에 의해 영향을 받는다.²¹ 연성 이장재가 구강 내에서 기능하는 동안 이장재로부터 가스제와 기타 용해성 물질들이 빠져 나가고,²¹ 물을 흡수하여 부풀면 접착 계면 사이에 응력이 발생하고 연성 이장재의 점탄성 성질이 변화하게 되어 결합강도가 저하된다.²² 따라서 본 연구에서는 열순환 처리를 통하여 실험조건을 구강 내 환경과 유사하게 만들도록 노력하였다.

의치상과 연성 이장재간의 결합력을 비교 분석하기 위해서는 본 연구와 같은 인장결합강도 측정보다는 전단결합강도 측정이 더 실제에 가깝다고 할 수 있다. 그러나 Bates와 Smith²³는 인장결합강도 측정이 계면의 강도를 측정하는데 의미가 있다고 주장하였으며, McMoride 등²⁴도 임상적으로 의치상 레진과 연성 이장재간의 계면에 미치는 힘은 전단과 찢김에 더 관련이 있지만, 인장력을 가했을 때 이장재의 신장과 함께 계면에 어느 정도의 전단 응력이 발생하기 때문에 인장시험도 좋은 실험방법이 될 수 있다고 하였다.

이번 연구에서 아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재인 Soft-Liner와 Coe-Soft에서는 기계적 전처리인 표면 거칠기 부여가 인장결합강도를 감소시키는 것으로 나타났다 (Table IV). 주사전자현미경 소견을 보면 기계적 전처리 후 의치상 표면에 결이 형성되고 불규칙성이 증가한 것을 관찰할 수 있었으며 (Fig. 3), 이론적으로 이러한 표면변화는 접착면적을 증가시키고 기계적 결합을 이루어 접착강도를 증가시킬 것으로 예상할 수 있다. 그러나 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재에서 나타난 상반된 결과의 주원인은 아크릴릭 레진 연성 이장재의 높은 점주도로 인한 표면 침투력 감소¹⁷ 때문으로 생각된다. 이장재의 점주도가 높으면 구멍 또는 열구 속으로 이장재가 침투하지 못하고 공기가 함입되어 접착면적이 감소하고 재료간의 불연속성이 발생하게 된다.¹⁶ 그 결과 접착 계면에 결합 실패를 일으킬 수 있는 응력 집중 부위가 형성되어 인장결합강도가 감소된다.¹⁶ 이외의 또 다른 원인으로 의치상 레진의 표면경도를 저하시킬 수 있는²⁵ 이장재 내의 알코올이나 가스제가 의치상 표면에 형성된 얇은 결에 크게 영향을 주었을 가능성을 생각해 볼 수 있다.

한편 실리콘 계열의 연성 이장재인 Mucosoft와 Dentusil에서는 기계적 전처리가 인장결합강도를

증가시키는 것으로 나타났는데 (Table IV), 이는 기계적 전처리가 실리콘 계열 연성 이장재의 결합강도를 증가시켰다는 Craig 등¹⁵의 보고와 일치하는 결과이다. 실리콘 계열 연성 이장재는 재료 자체의 점도가 그리 높지 않을 뿐만 아니라 일반적인 실리콘 인상재와 같이 재료의 pseudoplastic한 성질로 인해 믹싱 팁을 이용하여 의치상에 적용할 때 흐름성이 증가될 수 있다.²⁶ 이러한 실리콘 이장재의 흐름성은 의치상 표면에 형성된 구멍 또는 열구 속으로 침투를 용이하게 하여 미세한 기계적 결합을 통한 인장결합강도 증진에 기여하였을 것으로 생각된다.

이번 연구에서는 Sarac 등¹¹의 연구 결과에 따라 acetone을 30초간, methylene chloride를 15초간, 그리고 methyl methacrylate를 180초간 각각 적용하고, 주사전자현미경 관찰을 통해 화학적 전처리의 용매에 따라 다양한 표면 변화가 일어났음을 알 수 있다 (Fig. 3).

아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재에서 화학적 전처리에 따른 인장결합강도의 변화는 Soft-Liner에서는 acetone 적용 시, Coe-Soft에서는 methyl methacrylate 적용 시에만 증가하였으나 그 효과는 매우 미미하였다 (Table III). 따라서, 비록 의치상 레진 표면의 화학적 전처리가 표면을 용해하고 다공성을 부여하여 아크릴릭 레진 계열의 경성 이장재나 수리용 레진과의 결합강도를 증가시켰다는 다수의 연구가 보고된 바 있으나, 본 연구 결과는 아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재는 화학적 전처리에 크게 영향을 받지 않고 기계적 전처리에 더 큰 영향을 받았다는 것을 보여주고 있다 (Table III).

다양한 물질 또는 미생물에 의한 의치상의 오염은 연성 이장재와의 결합에 심각한 영향을 끼치므로,¹³ 이장재 적용에 앞서 오염된 표면 제거는 필수적인 과정이라 할 수 있다. 하지만 앞서 언급한 것처럼 거친 의치상 표면은 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재와의 결합강도를 감소시키기 때문에 오염된 표면 제거 시 가능한 너무 거친 면이 형성되지 않도록 하며, 필요에 따라 적절한 화학 용매를 선택하여 적용할 수 있으나 큰 효과는 없을 것으로 생각된다.

한편 실리콘 계열 연성 이장재인 Mucosoft에서는 모든 화학적 전처리가, Dentusil에서는 methylene chloride와 methyl methacrylate 전처리가 인장결합강도를 증가시켰다 (Table V). 이는 실리콘 이장재를

의치상 레진에 적용하기 전 화학 용매로 전처리하였을 때 결합강도가 증가한다는 Sarac 등¹¹의 연구 결과와 동일한 결과이다. 화학적 전처리는 의치상 레진을 용해하여 다공성의 표면을 형성함으로써 의치상 레진과 이장재간 기계적 결합을 이루게 할 뿐만 아니라 접착면적의 증가로 인장결합강도를 증가시킬 수 있다.¹¹ 특히 화학적 전처리만 한 의치상 레진을 보면, 처리 표면에 소공이 형성된 acetone 전처리보다는 비교적 큰 공포가 형성된 methylene chloride 전처리나 막대가 불규칙하게 배열된 양상을 보이는 methyl methacrylate 전처리에서 약간 높은 인장결합강도 값을 보이는 경향은 이를 뒷받침해주는 결과로 생각할 수 있다 (Fig. 3).

실리콘 계열 연성 이장재에서도 기계적 전처리와 화학적 전처리간에 상호작용이 존재하였으나, 인장결합강도 증가에 있어 Mucosoft에서는 기계적 전처리가 더 큰 영향을 주었으며, Dentusil에서는 기계적 및 화학적 전처리 모두가 주요인으로 작용하였다 (Table III). 따라서 본 연구에 사용된 실리콘 계열의 연성 이장재에서는 기계적 전처리 후 적절한 화학적 전처리를 선택 적용함으로써 의치상과의 결합강도를 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

실리콘 계열의 연성 이장재의 실패 양상은 주로 응집실패와 혼합실패를 보인 반면, 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 실패 양상은 대부분이 응집실패로 나타났다 (Table VIII). 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 이러한 실패 양상은 연성 이장재의 찢김강도가 의치상과의 결합력보다 약할 수 있다는 것을 의미한다. Wright²⁷는 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 경우에는 단지 중합체가 녹아 겔화 되기 때문에 찢김강도가 낮아 응집실패를 보인다고 보고하였다. 따라서 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 결합강도는 이러한 점이 고려되어 평가되어야 할 것이다. 한편 실리콘 계열의 연성 이장재는 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재보다 높은 인장결합강도를 보였는데 (Table VII), 이는 이 계열의 연성 이장재가 갖고 있는 높은 접착강도와 찢김강도 때문으로 생각할 수 있다.

이번 연구에서는 시판되는 여러 연성 이장재 중 제한된 몇 가지의 자가중합방식 연성 이장재만을 대상으로 하였다. 그리고 가능한 구강 내 환경과 유사하게 하기 위해 열순환 처리하였으나, 저작 시 의치에 전달되는 기계적 하중과 같은 임상 조건을 완벽하게

재현하지는 못하였다. 따라서 앞으로의 연구에서는 열중합 방식의 연성 이장재를 포함하여 더욱 다양한 이장재들을 대상으로 보다 구강 내 환경과 유사한 실험 조건 하에서 의치상 표면 전처리에 따른 이장재와의 결합강도를 비교할 필요가 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 의치상 레진의 기계적 또는 화학적 표면 전처리가 아크릴릭 레진 및 실리콘 계열 연성 이장재와 의치상 레진과의 결합강도에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다. 의치상 레진에 표면 거칠기 부여 유무 및 세 가지 다른 화학 용매 전처리에 따른 의치상 레진과 연성 이장재간 인장결합강도를 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실리콘 계열의 연성 이장재가 아크릴릭 레진 계열의 연성 이장재보다 더 큰 인장결합강도를 보였다 ($P<.05$).
2. 실리콘 계열 연성 이장재의 인장결합강도는 Mucosoft보다 Dentusil에서 더 크게 나타났다 ($P<.05$).
3. 의치상 레진의 표면 거칠기 부여로 실리콘 계열 연성 이장재의 인장결합강도는 증가하였으나 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재의 인장결합강도는 감소하였다 ($P<.05$).
4. 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재인 Soft-Liner에서는 acetone으로, Coe-Soft에서는 methyl methacrylate로 화학적 전처리를 시행하였을 때 인장결합강도가 증가하였으나 ($P<.05$), 그 차이는 크지 않았다.
5. 실리콘 계열 연성 이장재인 Mucosoft에서는 세 가지 모든 화학적 전처리가, Dentusil에서는 methylene chloride와 methyl methacrylate 전처리가 인장결합강도를 증가시켰다 ($P<.05$).
6. 실리콘 계열 연성 이장재의 인장결합강도 증가에 있어 Mucosoft에서는 기계적 전처리가, Dentusil에서는 기계적 및 화학적 전처리 모두가 주요인으로 작용하였다 ($P<.05$).

이상의 결과로부터 아크릴릭 레진 계열 연성 이장재에서는 의치상의 기계적, 화학적 전처리가 결합강도에 크게 영향을 주지 못하나, 실리콘 계열 연성 이장재에서는 기계적 전처리 후 적절한 용매를 선택하

여 화학적 전처리를 시행한다면 의치상과의 결합강도를 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Nikawa H, Iwanaga H, Hamada T, Yuhta S. Effects of denture cleansers on direct soft denture lining materials. J Prosthet Dent 1994;72:657-62.
2. Aydin AK, Terzioglu H, Akmay AE, Ulubayram K, Hasirci N. Bond strength and failure analysis of lining materials to denture resin. Dent Mater 1999;15:211-8.
3. Qudah S, Harrison A, Huggett R. Soft lining materials in prosthetic Dentistry. Int J Prosthodont 1990;3:477-83.
4. Sarac YS, Basoglu T, Ceylan GK, Sarac D, Yapici O. Effect of denture base surface pretreatment on microleakage of a silicone-based resilient liner. J Prosthet Dent 2004;92:283-7.
5. Koh YM, Kwon YH, Kwon TY, Kim KN, Kim GM, Kim GH, et al. Dental materials: Koonja Publishing Inc.;2006. pp. 390-5.
6. International Organization for Standardization. ISO. 10139-1. Dentistry-resilient lining materials for removable dentures - part 1: short-term materials. 1st edition. December 1, 1991.
7. International Organization for Standardization. ISO/FDIS 10139-2. Dentistry-Soft lining materials for removable dentures - part 2: materials for long-term use. 10139-2:1999(E).
8. Garcia LT, Jones JD. Soft liners. Dent Clin N Am 2004;48:709-20.
9. Kawano F, Dootz ER, Koran A third, Craig RG. Comparison of bond strength of six soft denture liners to denture base resin. J Prosthet Dent 1992;68:368-71.
10. Kutay O. Comparison of tensile and peel bond strengths of resilient liners. J Prosthet

- Dent 1994;71:525-31.
11. Sarac D, Sarac YS, Basoglu T, Yapici O, Yuzbasioglu E. The evaluation microleakage and bond strength of a silicone-based resilient liner following denture base surface pre-treatment. *J Prosthet Dent* 2006;95:143-51.
 12. Emmer TJ Jr, Emmer TJ Sr, Vaidynathan J, Vaidynathan TK. Bond strength of permanent soft denture liners bonded to the denture base. *J Prosthet Dent* 1995;74:595-601.
 13. Arima T, Nikawa H, Hamada T, Harsini A. Composition and effect of denture base resin surface primers for reline acrylic resins. *J Prosthet Dent* 1996;75:457-62.
 14. Jagger RG, al-Athel MS, Jagger DC, Vowles RW. Some variables influencing the bond strength between PMMA and a silicone denture lining material. *Int J Prosthodont* 2002;15:55-8.
 15. Craig RG, Gibbons P. Properties of resilient denture liners. *J Am Dent Assoc* 1961;63:382-90.
 16. Amin WM, Fletcher AM, Ritchie GM. The nature of the interface between polymethyl methacrylate denture base materials and soft lining materials. *J Dent* 1981;9:336-46.
 17. Jacobsen NL, Mitchell DL, Johnson DL, Holt RA. Lased and sandblasted denture base surface preparations affecting resilient liner bonding. *J Prosthet Dent* 1997;78:153-8.
 18. Mack PJ. Denture soft linings: materials available. *Australian Dental Journal* 1989;34:517-21.
 19. O'Brien, WJ. *Dental materials: properties and selection*. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc.;1989. pp. 170-3.
 20. Kim YM, Bae JS. The study on the physical property of the permanent soft denture liners. *J Kor Acad Prosthodont* 1999;37:809-17.
 21. Kulak-Ozkan Y, Sertgoz A, Gedik H. Effect of thermocycling on tensile bond strength of six silicone-based, resilient liners. *J Prosthet Dent* 2003;89:303-10.
 22. Polyzois GL. Adhesion properties of resilient lining materials bonded to light-cured denture resins. *J Prosthet Dent* 1992;68:854-8.
 23. Bates JF, Smith DC. Evaluation of indirect resilient liners for dentures: laboratory and clinical tests. *J Am Dent Assoc* 1965;70:344-53.
 24. McMordie R, King GE. Evaluation of primers used for bonding silicone to denture base materials. *J Prosthet Dent* 1989;61:636-9.
 25. Davis DM, Carmichael RP. The plasticizing effect of temporary soft lining materials on polymerized acrylic resins. *J Prosthet Dent* 1988;60:463-6.
 26. Kim KN, Craig RG, Koran A. Viscosity of monophase addition silicones as a function of shear rate. *J Prosthet Dent* 1992;67:794-8.
 27. Wright PS. Composition and properties of soft lining materials for acrylic dentures. *J Dent* 1981;9:210-23.

Reprint request to:

Chang-Mo Jeong, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
#1-10, Ami-dong, Seo-Gu, Busan, 602-739, Korea
cmjeong@pusan.ac.kr

ABSTRACT

EFFECT OF DENTURE BASE SURFACE PRETREATMENTS ON THE TENSILE BOND STRENGTH BETWEEN A RESILIENT LINER AND A PROCESSED DENTURE BASE RESIN

Min-Chul Yoon, D.D.S., M.S.D., Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry, Graduate School, Pusan National University

Statement of problem: The failure of adhesion between the resilient denture liner and the denture base is a serious problem in clinic.

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the effect of denture base resin surface pretreatments (mechanical and/or chemical) on the tensile bond strength between a resilient liner and processed denture resin.

Material and method: Acrylic-based resilient liners (Soft liner: GC co., Japan & Coe-Soft: GC America Inc. USA) and silicone-based resilient liners (Mucosoft: Parkell Inc., USA & Dentusil: Bosworth co., USA) were used. Specimens in each soft lining material were divided two groups with or without mechanical pretreatment. Each denture base specimen received 1 of 4 chemical pretreatments including: (1) no treatment, (2) 30-s acetone treatment, (3) 15-s methylene chloride treatment, (4) 180-s methyl methacrylate treatment. All specimens were thermocycled and placed under tension until failure in a universal testing machine.

Results:

1. Silicone-based resilient liners exhibited significantly higher tensile bond strengths than acrylic-based resilient liners ($P<.05$).
2. Grinding the denture base resin improved tensile bond strengths of silicone-based resilient liners, but reduced tensile bond strengths of acrylic-based resilient liners ($P<.05$).
3. In acrylic-based resilient liners, treating with acetone significantly increased the bond strength of Soft liner and treating with methyl methacrylate significantly increased the bond strength of Coe-Soft ($P<.05$). However they were not effective compared to silicone-based resilient liner.
4. In silicone-based resilient liners, treating with all chemical etchants significantly increased the bond strength of Mucosoft to denture base, and treating with methylene chloride and methyl methacrylate increased the bond strength of Dentusil to denture base ($P<.05$).

Conclusion: Although chemical and mechanical pretreatments were not effective on tensile bond strength of acrylic-based resilient liner to denture base, treating the denture base resin surface with appropriate chemical etchants after mechanical pretreatment significantly increased the tensile bond strength of silicone-based resilient liner to denture base.

Key words : Resilient liner, Denture base resin, Mechanical pretreatment, Chemical pretreatment