

아말감과 심미성 수복재료와의 전단 결합강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실
정혜전 · 민병순

Abstract

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF ESTHETIC RESTORATIVE MATERIALS TO DENTAL AMALGAM

Hye-Jeon Jeong, D. M. D., Byung-Soon Min, D. D. S., Ph. D
*Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry,
Graduate School, Kyung Hee University*

Composite resin and glass-ionomer cement can be used for the purpose of repair of defective amalgam restoration.

The purpose of this study was to evaluate of shear bond strength of esthetic restorative materials to dental amalgam.

The materials used in this study were Photo Clearfil Bright(light curing composite resin), Clearfil F II(chemical curing composite resin), Fuji II LC(light curing glass-ionomer cement), Fuji II (chemical curing glass-ionomer cement), All-Bond 2(intermediary), and Scotchbond Multi-Purpose(intermediary).

A total of 120 acrylic cylinders with amalgam were divided into 8 groups After amalgam condensation, all specimens were stored for 48 hours in water at 37°C and tested with Instron universal testing machine between amalgam and composite resins and glass-ionomer cements.

The data were analyzes statically by ANOVA and Duncan test.

The following results obtained ;

1. The shear bond strength of bonded composite resin to amalgam was higher than bonded glass-ionomer cement($P < .001$).
2. The group 4 had highest shear bond strength with 15.45kgf/cm² and the group 5 had lowest shear bond strenght with 3.26kgf/cm²($P < .001$).
3. In the group 3, 4, 5, 6, the group 3, 4 with All-Bond 2 had higher shear bond strength than the group 5, 6 with Scotchbond MP both in light-curing and in chemical curing.
4. Both in composite resin and glass-ionomer cement, chemical curing materials had higher shear bond strength than light curing materials($P < .001$).

I. 서 론

아말감은 1826년 이래 보존수복에서 가장 빈번히 사용되고 있는 수복재료 중 하나로서^{1,2,3)} 와동 내부에 undercut를 형성함으로써 유지와 저항형태를 얻으며 적절한 물리적 성질과 조작성의 용이성 및 저렴한 비용등의 장점이 있다^{1,4)}.

그러나, 치질과의 색조 부조화로 인한 제한성을 가지며^{5,6)} 재료 자체의 성질로 인한 수축으로 ditching이 발생하거나 파절 및 변연의 붕괴 등이 야기될 수 있다.

아말감 수복에서 변연을 건전하게 유지하는 것은 수복치과의 주요 목표라 할 수 있는데⁷⁾ 변연 붕괴의 원인 요소로는 와동 형성, 아말감 합금의 선택, 술자의 능력, 진색의 정도, 환자의 구강 위생, 연화 시간 등으로 이로 인하여 전반적인 파절과 재발성 우식이 야기될 수 있다^{1,7,8)}.

Lacy 등⁹⁾은 아말감의 부분 파절시 전체 와동을 새로운 아말감으로 재충전 하는 것이 이상적이지만 환자의 연령, 시간, 경제사정 등으로 임상적인 제한이 있을때 또는 환자의 상황에 따라 기존의 아말감을 제거하지 않고 다른 재료를 이용하여 보수할 수 있음을 보고하였다. 특히, 심미성이 요구되는 부위에서 결손된 아말감을 보수하는 경우^{4,6,10)}, 새로운 아말감으로 재수복하는 대신 심미성 수복재료로서 치질과 접착성을 지닌 글라스아이오노머 시멘트나 복합레진을 사용하여 수복할 수 있다^{3,11,12)}.

1972년 Wilson과 Kent¹³⁾에 의해 개발된 글라스아이오노머 시멘트는 시멘트의 카르복실기와 치질간의 상호작용에 의해서¹⁴⁾ 법랑질 및 상아질에 대하여 화학적인 접착력을 가지고 생체친화성 및 불소 유리로 인한 항우식성이 있으며¹⁵⁾ 심미성이 우수하고 또한 주위 조직과도 생체적합성이 양호한 장점이 있으나^{16,17)} 경화 시간의 지연, 수분 오염에 의한 물성 저하, 탈수에 의한 균열(crack)의 형성과 변색, 그리고 시술과정의 민감성 등이 단점으로 지적되고 있다¹⁸⁾.

Aboush와 Elderton¹⁹⁾은 글라스아이오노머 시멘트가 경화된 아말감과 결합하며 불완전하거나 손상된 아말감 core를 보충하여 지대치로서의 사용이 가능함을 보고하였고, 기존의 아말감

수복물에 인접한 임시 수복물로서도 사용이 가능하며 아말감으로 수복된 치아에서 교두의 파절 부위를 보수할 경우에도 글라스아이오노머 시멘트를 사용할 수 있다고 보고하였다. 또한 글라스아이오노머 시멘트는 ditching이 발생한 아말감의 변연부의 보수에도 사용되며¹²⁾ Hotz 등²⁰⁾은 글라스아이오노머 시멘트가 산화주석의 층을 갖는 금속 표면과도 결합함을 보고하였다. 그 외에도 글라스아이오노머 시멘트는 아말감 수복물 주위의 소와열구 전색용으로도 사용할 수 있다¹²⁾.

한편 심미성 수복재 중 널리 사용되는 복합레진은 filler를 많이 함유하고 있어 우수한 물리적 성질을 가지며 법랑질과 색조의 조화를 이루어 탁월한 심미성을 제공하고 1955년 Buonocore가 개발한 산부식법을 이용하여 법랑질과 강한 기계적 결합을 얻을 수 있다^{4,18,21)}. 또한 재료의 발달로 법랑질 뿐 아니라 상아질에 대한 접착강도 역시 증가 되었으며 1980년대에는 구치부용 레진이 개발되어 강도가 요구되는 구치부에서도 사용되고 있다.

1971년 Durnan²²⁾은 상악 소구치를 수복시 유치구를 이용하여 아말감과 복합레진을 병용한 연합 수복을 할 경우 견고하며 심미적이라고 보고하였고, Cardash 등¹¹⁾과 Anglis와 Fine⁵⁾은 2급 와동 수복시 가시적인 부위에 복합레진을 충전하여 아말감과 복합레진을 병용한 수복을 추천하였다.

Roda와 Zwicker²³⁾는 상악 대구치 수복 실험에서 각 재료의 단점인 아말감의 비심미성과 복합레진의 마모 및 미세누출 발생을 고려하여 대구치의 근협면(Mesiobuccal surface)은 복합레진으로 충전하고 나머지 부위를 아말감으로 수복하여 12개중 11개의 수복물에서 양호한 결과를 얻었음을 보고하였다. 국내의 연구로 1993년 박 등⁴⁾은 Scotchbond 2를 사용하여 아말감의 표면처리와 산부식 유무에 따른 복합레진과의 전단 결합강도를 평가한 결과 아말감을 diamond wheel로 표면처리한 후 산부식을 시행하지 않은 군에서 5.04kgf/cm²로 다른 군과 비교하여 높은 전단 결합강도를 보였다. 또한 Sakiyama 등²⁴⁾과 Shimizu 등^{25,26)}은 2급 및 5급 와동에서 아말감과

복합레진을 병용하여 수복한 결과 와벽에 대한 적합성과 변연봉쇄성이 우수함을 보고하였다.

그러나 레진의 단점인 중합수축과 상아질에 대한 접착력 부족으로 수복물과 치질간에 간격이 형성될 수 있으므로²³⁾ 이에 수복물과 치질간의 결합강도를 증가시키고자 상아질 접착제가 개발, 사용되고 있다. 상아질 접착제는 곧 복합레진을 상아질에 강력하게 접착시키는 물질로 Hadavi 등^{27,28)}은 아말감과 복합레진을 병용하여 수복할 경우, 복합레진을 충전하기 전, 거칠은 아말감 표면에 상아질 접착제를 도포함으로써 미세 누출이 감소됨을 보고하였다.

본 실험에서는 상아질 접착제인 All-Bond 2와 Scotchbond Multi-Purpose(MP)를 아말감 표면에 사용하였는데 Suh¹⁸⁾와 Kanka^{29,30)}는 HEMA 성분의 상아질 접착제인 All-Bond를 사용한 경우 primer 용액이 상아세관 내로 침투하여 'microtag'를 형성, 결합강도를 증가시킬 수 있다고 보고하였으며 All-Bond 2가 금속, 아말감, 도재 및 복합레진 등과도 결합됨을 보고하였다.

특히 아말감에 복합레진을 충전할 경우, 상아질에 아말감을 수복하는 경우, 그리고 기존 아말감에 새로운 아말감을 수복할 경우 All-Bond 2가 우수한 상아질 접착제로 사용된다고 보고하였다. Scotchbond 2는 Bis-GMA, HEMA, maleic acid, photoinitiator가 함유된 상아질 접착제로서^{21,31)} 상아질의 오염층(smear layer)을 제거하여 복합레진의 결합을 강화시키는 역할을 하고, Jordan 등³²⁾의 연구에 의하면 치경부 침식 증의 수복시 Scotchbond 2를 사용하여 6개월 관찰 결과 98%의 유지력을 보였으며 최근 개발된 Scotchbond MP(3M)를 사용한 결과³¹⁾ 상아질, 아말감, 도재 및 금속과도 결합됨을 알 수 있다.

권과 박³³⁾은 Gluma, Scotchbond 2, All-Bond 2를 사용한 실험에서 All-Bond 2에서 상아세관 밀봉 효과가 높게 나타남을 보고하였고 결합강도 이외에도 Dayton 등³⁴⁾이 지각과민증을 호소하는 환자에서 상아질 접착제로 상아세관을 봉쇄하는 효과를 얻었음을 시작으로 여러 상아질 접착제들이 지각과민증 치료에도 사용되고 있다³³⁾.

이상의 연구 결과를 토대로 본 실험에서는 경

화된 아말감과 상아질 접착제 사용 유무에 따른 광중합형 및 화학중합형 복합레진의 전단 결합강도와 아말감과 광중합형 및 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트와의 전단 결합강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 재료는 혼합형 고동 아말감인 HI-Aristaloy 2I(Engelhard Co.) 및 경화된 아말감에 결합시키는 재료로서 광중합형 복합레진(Photo Clearfil Bright, Kuraray Co.), 화학중합형 복합레진(Clearfil F II, Kuraray Co.), 광중합형 글라스아이오노머 시멘트(Fuji II LC, GC Dent.Ind.Co.), 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트(Fuji II, GC Dent.Ind.Co.)를 사용하였으며 아말감 표면에 복합레진을 결합시키는 상아질 접착제로 All-Bond 2(Bisco Co.)와 Scotchbond Multi-Purpose(3M Dent.Pro.Div.)를 사용하였고, 광조사기는 Heliolux GT(Vivadent Co.)를 사용하였다(Table 1).

2. 실험방법

1) 시편제작

총 120개의 원기둥형 레진 블럭을 직경 25mm, 높이 15mm로 제작하여 레진 블럭 상단면 중앙에 아말감 충전을 위한 직경 6mm, 깊이 2mm의 와동을 형성하였고 이때 와동의 기저면에 유지 형태를 형성하여 결합강도 측정시 아말감이 탈락되지 않도록 하였다. 형성된 와동에 제조회사의 지시에 따라 아말감을 충전하고 1 시간 경과 후 37℃ 수조에 침지시켜 48시간 경과 후 아말감 표면을 600 grit과 1200 grit의 사포(Sand Paper)로 주수하에 순차 연마하여 아말감과 레진블럭의 표면이 평평하도록 하였다. 아말감을 충전한 시편을 20초간 수세한 후 30초간 건조시켜 직경 4mm, 높이 1mm의 고무 몰드를 수성 접착제를

Table 1. Materials used in this study

Materials	Product name(cure type)	Batch No.	Manufacturer
Amalgam	HI-Aristaloy 21	0126941	Engelhard Co.Korea
Composite resin	Photo Clearfil Bright (L)	11198	Kuraray Co.Ltd.Japan
	Clearfil FII (C)	53318	Kuraray Co.Ltd.Japan
Glass-ionomer cement	FujiII LC (L)	P(070732)	GC Dent.Ind.Co.Japan
		L(240831)	
	FujiII (C)	P(940302A)	GC Dent.Ind.Co.Japan
		L(940303A)	
Dentin bonding agent	All-Bond 2 (L)	019274	Bisco Co.U.S.A.
	Scotchbond MP (L)	7543	3M Dent.Pro.Div.U.S.A.

이용하여 아말감 상단에 고정시켜 복합레진과 글라스아이오노머 시멘트가 충전될 수 있도록 하였다(Fig. 1).

2) 실험군의 분류

제작된 120개의 아말감 시편을 충전 재료와 중합 방식에 따라 다음과 같이 각 군당 각 15개씩 8개군으로 분류하였다(Table 2). 제 1 군은 아말감에 광중합형 복합레진을 충전하였고 제 2 군은 화학중합형 복합레진을 충전하였다. 제 3 군은 아말감 표면에 All-Bond 2를 도포 후 광중

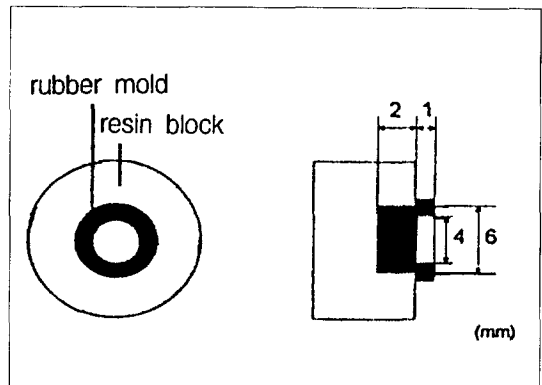


Fig. 1. Diagram of specimen

Table 2. Experimental groups established in this study

Group	Code	Bonding material	Intermediary
1	LR	Photo Clearfil Bright	--
2	CR	Clearfil FII	--
3	AL	Photo Clearfil Bright	All-Bond 2
4	AC	Clearfil FII	All-Bond 2
5	SL	Photo Clearfil Bright	Scotchbond MP
6	SC	Clearfil FII	Scotchbond MP
7	LG	Fuji II LC	--
8	CG	Fuji II	--

합형 복합레진을 충전하였고 제 4 군에서는 아말감 표면에 All-Bond 2를 도포한 후 화학중합형 복합레진을 충전하였다. 제 5 군은 아말감 표면에 Scotchbond MP를 도포한 후 광중합형 복합레진을, 제 6 군에서는 아말감 표면에 Scotchbond MP를 도포한 후 화학중합형 복합레진을 충전하였다. 제 7 군은 아말감 표면에 광중합형 글라스아이오노머 시멘트를 충전하였고 제 8 군에서는 아말감 표면에 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트를 충전하였다. 각 군의 아말감 표면에 대한 각각의 충전 방법은 다음과 같다.

광중합형 복합레진인 Photo Clearfil Bright (XL)는 고무몰드내로 충전 후 40초간 광조사하였고 화학중합형 복합레진인 Clearfil FII는 base와 catalyst를 동량으로 혼합한 후 충전하였다. 광중합형 글라스아이오노머 시멘트인 Fuji II LC(A2)는 제조사의 지시에 따라 분말과 액을 3.0:1.0 중량비로 20초간 혼합한 후 고무 몰드에 충전하여 40초간 광조사 하였고, 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트인 Fuji II (21)는 제조사의 지시에 따라 분말과 액을 2.7:1.0 중량비로 혼합하여 충전하였다. 3, 4, 5, 6군에서 상아질 접착제인 All-Bond 2와 Scotchbond MP의 사용은 붓으로 2-3회 도포한 후 가볍게 공기 건조 시키고 각각 20초, 10초씩 광조사하였다.

제작된 120개의 시편은 충전 후 셀로판 종이와 유리판으로 압제한 후 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 실온에서 1시간 동안 방치하였으며 경화된 시편은 아말감과 복합레진 및 글라스아이오노머 시멘트 사이에 전단응력이 가해지지 않도록 주의하면서 고무몰드를 제거한 후 nail varnish를 도포하여 충전재료와 아말감 사이의 수분 침투를 방지하였다.

3) 전단 결합강도 측정

시편은 1시간 경과 후 37°C 수조에 24시간 침지시켜 전단 결합강도를 측정하였다(Fig 2). 전단 결합강도 측정용 고정 장치에 레진 블럭을 고정하여 하중이 정확하게 레진 블럭내의 아말감과 복합레진 및 글라스아이오노머 시멘트 사이에 전단력이 가해지도록 한 후 만능 시험기(Instron, 4202)에서 1mm/min의 속도로 하중을

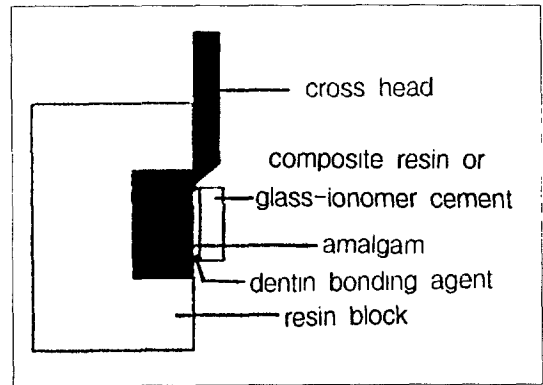


Fig. 2. Diagram of shear bond test

가하고, 기록기에서 하중이 급격히 감소할 때의 하중을 분리하중으로 하였으며, 이 수치를 단위 면적당 (kgf/cm^2)으로 환산하여 시편의 전단 결합강도로 하였다. 전단 결합강도에 따른 각 군간의 비교는 ANOVA로 시행하였고 Duncan test로 각각의 유의성을 비교하였다.

III. 실험 성적

광중합형 및 화학중합형 복합레진과 상아질 접착제로 All-Bond 2와 Scotchbond MP를 사용한 후 광중합형 및 화학중합형 복합레진, 그리고 광중합형 및 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트를 건조된 아말감 표면에 결합시킨 후 24시간 37°C 수조에서 보관하여 전단 결합강도를 측정, 다음의 결과를 얻었다.

1. 각 군의 전단 결합강도

각 군의 전단 결합강도는 Table 3과 같다.

상아질 접착제를 도포하지 않고 복합레진만을 충전한 경우 광중합형(1군)에서는 $10.56\text{kgf}/\text{cm}^2$, 화학중합형(2군)에서는 $11.15\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 두 군간의 유의한 차이는 없었다. All-Bond 2를 도포 후 광중합형 복합레진을 충전한 경우(3군) $8.20\text{kgf}/\text{cm}^2$, 화학중합형 복합레진을 충전한 경우(4군)는 $15.45\text{kgf}/\text{cm}^2$ 으로 화학중합형 복합레진이 광중합형 복합레진에 비하여 높은 전단 결합강도를

보였다($P < .001$). 상아질 접착제인 Scotchbond MP를 사용한 경우, 광중합형 복합레진(5군)에서는 3.26kgf/cm^2 , 화학중합형 복합레진(6군)에서는 9.24kgf/cm^2 로 화학중합형 복합레진이 광중합형 복합레진에 비하여 높은 전단 결합강도를 보였다($P < .001$). 아말감에 광중합형 글라스아이오노머 시멘트를 충전한 7군에서는 4.46kgf/cm^2 , 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트를 충전한 8군에서는 5.31kgf/cm^2 로 7, 8 군간의 유의한 차이는 없었다.

Table 3. Shear bond strength(kgf/cm^2) measured in all groups (N=number of specimens)

Group	Code	N	Mean	S.D.
1	LR	15	10.56	2.47
2	CR	15	11.15	2.25
3	AL	15	8.20	1.76
4	AC	15	15.45	2.96
5	SL	15	3.26	0.56
6	SC	15	9.24	1.40
7	LG	15	4.46	0.89
8	CG	15	5.31	0.98

Table 4는 Duncan 방식에 의한 0.05 수준에서의 사후 검증의 결과이며 Fig.3은 각 군간의 유의성을 비교한 것이다. All-Bond 2를 사용한 화학중합형 복합레진(4군)에서 가장 높은 전단 결합강도를 보였으며 Scotchbond MP를 사용한 광중합형 복합레진(5군)에서 가장 낮은 전단 결합강도를 나타내었다($P < .001$).

2. 충전재의 종류에 따른 전단결합강도

충전재의 종류에 따른 아말감과 복합레진의 결합강도는 복합레진을 단독 충전한 경우(1, 2군), 상아질 접착제 도포 후 복합레진을 충전한 경우(3, 4, 5, 6군), 그리고 글라스아이오노머 시멘트를 충전한

Table 4. Multiple comparison test by Duncan's test ($P < .01$)

code	AC	CR	LR	SC	AL	CG	LG	SL
AC		*	*	*	*	*	*	*
CR				*	*	*	*	*
LR					*	*	*	*
SC						*	*	*
AL						*	*	*
CG								*
LG								
SL								

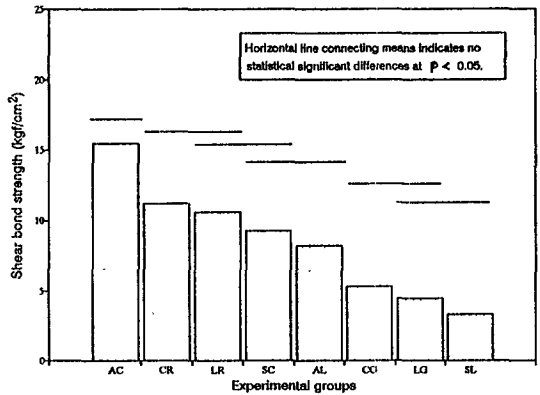


Fig. 3. Statistical analysis of the data of all groups

경우(7, 8군) 각각의 평균치는 10.86kgf/cm^2 , 9.03kgf/cm^2 , 4.88kgf/cm^2 로(Table 5), 글라스아이오노머 시멘트를 충전한 경우가 상아질 접착제 사용 유무에 관계없이 복합레진의 전단 결합강도에 비하여 통계학적으로 낮은 수치를 나타내었다($P < .001$)(Fig.4).

3. 상아질 접착제의 종류에 따른 전단결합강도

Table 6과 Fig. 5는 상아질 접착제 사용 유무에 따른 4개 군간의 전단 결합강도를 비교한 것이고, Table 7과 Fig.6은 All-Bond 2를 사용한 3,

Table 5. Comparison of shear bond strength(kgf/cm²) between composite resin with or without dentin bonding agent and glass-ionomer cement by ANOVA (N=number of specimens)

Materials	N	Mean	S.D.	Prob.
Composite resin without DBA	30	10.86	2.34	.0000
Composite resin with DBA	60	9.03	1.88	
Glass-ionomer cement	30	4.88	1.02	

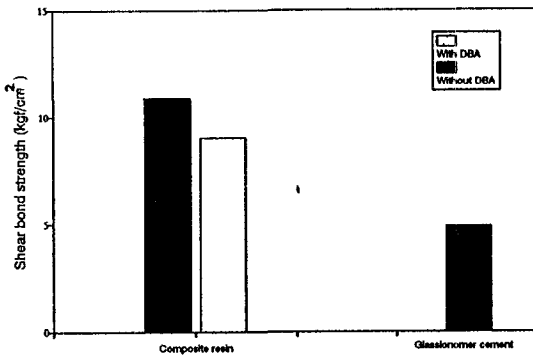


Fig. 4. Comparison of shear bond strength (kgf/cm²) between composite resin with or without dentin bonding agent and glass-ionomer cement

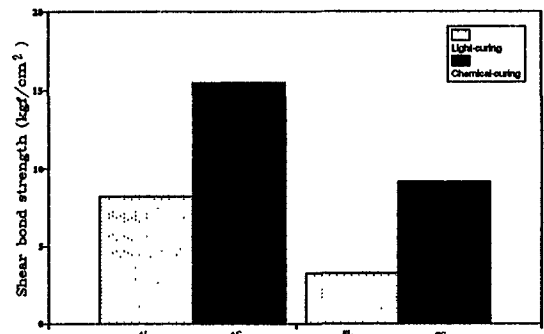


Fig. 5. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between All-Bond 2 and Scotchbond MP

4군과 Scotchbond MP를 사용한 5, 6군간의 평균 수치를 비교한 것으로 각각 11.83kgf/cm², 6.24kgf/cm²로 All-Bond 2를 사용한 군에서 전단 결합강도가 높게 나타났다(P<.001).

Table 6. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between All-Bond 2 and Scotchbond MP (N=number of specimens)

Dentin bonding agent	Group	N	Mean	S.D.
All-Bond 2	3	15	8.20	1.76
	4	15	15.45	2.96
Scotchbond MP	5	15	3.26	0.56
	6	15	9.24	1.40

4. 중합 방식에 따른 전단 결합강도

중합 방식에 따라 광중합형 복합레진을 충전시킨 1, 3, 5 군과 화학중합형 복합레진을 충전시킨 2, 4, 6 군간의 전단 결합강도를 비교한 것이 Table 8과 Fig.7과 같으며 각각 7.34kgf/cm², 11.95kgf/cm²로 화학중합형에서 광중합형에 비하여 전단 결합강도가 높게 나타났다(<.001).

Table 7. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between All-Bond 2 and Scotchbond MP by ANOVA (N=number of specimens)

Dentin bonding agent	N	Mean	S.D.	Prob.
All-Bond 2	30	11.83	2.44	.0000
Scotchbond MP	30	6.24	1.07	

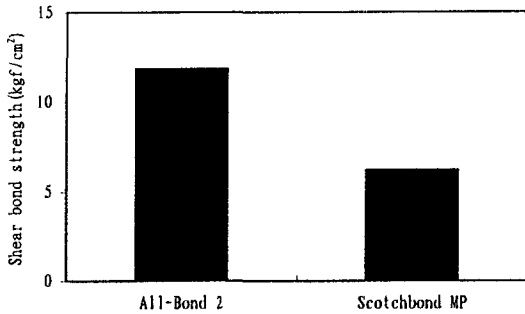


Fig. 6. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between All-Bond 2 and Scotchbond MP

IV. 총괄 및 고안

구치부 수복재 중 가장 많이 사용되고 있는 아말감은 치질에 대한 접착성 결여와 변연누출의 단점을 가지고 있으므로²⁾ 와벽에 유지형태를 형성하여 유지를 얻게 되는데 이로 인하여 수복된 치아는 취약해져 파절 위험성이 높게 된다^{1,4)}. 아말감 수복 실패의 대부분의 원인은 부적절한 와동 형성, 부적절한 기구 사용³⁾, 아말감 합금의 부적합한 선택, 불충분한 진색, 부적절한 연화 시간 등이며^{7,8)} 부분 결손된 아말감을 다른 재료와 병행하여 보수할 때는 아말감과 재료 사이에 강하고 긴밀한 접착 또는 연합이 형성되어 미세누출을 최소화하고 수복물의 강도를 증진시킬 수 있어야 한다⁹⁾.

Gordon 등⁶⁾은 아말감과 복합레진을 병용하여 근관치료된 치아를 pin을 사용하여 수복한 증례에서 두 재료간의 유지력을 얻었으며 Fabra³⁵⁾

Table 8. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between Light curing and Chemical curing Resin by ANOVA (N=number of specimens)

Curing method	N	Mean	S.D.	Prob.
Light	60	7.34	1.78	.0000
Chemical	60	11.95	2.29	

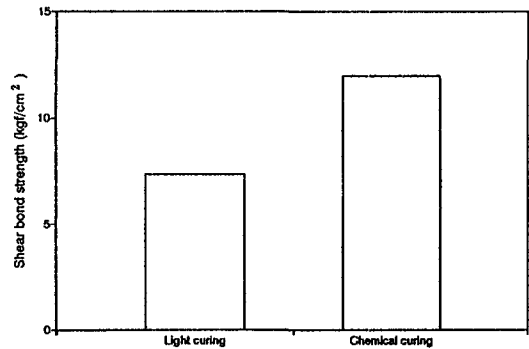


Fig. 7. Comparison with shear bond strength (kgf/cm²) between Light curing and Chemical curing Resin

도 근관치료된 치아에서 아말감과 복합레진을 병용하여 수복한 경우 접촉점과 변연 부위를 아말감으로 처리하고 가지적인 협면부위에 복합레진을 충전하여 심미성을 향상시켰다. 그러나 Lacy 등⁹⁾은 화학중합형 복합레진을 이용하여 아말감 수복물을 보수한 결과 아말감과 복합레진을 병용 충전시 파괴강도가 아말감 자체의 파괴강도보다 30% 감소된다고 보고하였다.

아말감과 복합레진 사이에 존재하는 미세누출에 관여하는 요소로는 아말감 표면에 대한 복합레진의 초기 적합도, 중합수축으로 인한 복합레진의 체적 변화, 온도적 팽축, 흡수성 그리고 술자의 숙련도 등의 요인으로²⁷⁾ 아말감의 체적 변화와 더불어 나타난다. Kossa³⁶⁾는 아말감과 화학중합형 복합레진을 병용시 아말감을 먼저 충전하는 것이 복합레진을 먼저 충전하는 것보다 미세누출이 감소된다고 보고하였고 Fuks와 Shey³⁷⁾는 아말감과 치질 사이보다 아말감과 복

합레진 사이에서 미세누출이 적게 나타났음을 보고하였다. 아말감과 복합레진을 결합시 상아질 접착제를 사용하여 두 재료간의 미세누출을 감소시킬 수 있음이 보고되었으며²⁸⁾ Cooley 등³⁸⁾은 아말감과 복합레진 사이에 상아질 접착제인 Cover-up II와 Panavia를 이용하여 아말감과 결합강도의 변화를 관찰한 바, 4-META 계통의 상아질 접착제인 Cover-up II를 사용한 경우 결합강도가 높게 나타났으며 아말감을 diamond stone으로 표면처리한 경우가 air polisher로 표면처리한 경우에 비하여 복합레진과의 결합강도가 높게 나타났음을 보고하였다. 또한 Hadavi 등^{27,28)}과 박 등⁴⁾은 아말감과 복합레진의 결합에서 산부식을 하지 않은 경우가 산부식을 한 경우보다 결합강도가 높게 나타났다고 보고하였다.

Staninec과 Holt²⁾는 산부식된 외동내의 법랑질과 상아질에 접착성 레진을 도포한 후 아말감을 충전할 경우 결합강도가 증가되었음을 보고하였고 Staninec³⁾은 box form의 2급 외동에서 dovetail 형태와 proximal groove를 형성하는 것보다 접착성 레진 이장제에 의한 아말감의 결합술식(amalgam bonding technique)의 경우 유지력이 훨씬 증가되었음을 보고하였다.

본 연구에서 사용한 상아질 접착제인 All-Bond 2는^{18,36)} 도말층을 변형시키는 역할을 하며 두 가지 형태의 산부식제 즉 32%의 인산이 함유된 법랑질 부식제(Uni-Etch)와 법랑질과 상아질을 동시에 부식시키는 10% 인산용액(All-Etch)이 있으며, All-Etch의 기본적 개념은 법랑질을 산부식시 인산이 상아질 표면에 닿지 않도록 하는 것은 실제로 불가능하므로 법랑질과 상아질을 동시에 산부식하여 접착과정을 단순화 한다는 것이다^{18,39)}. 상아질 처리제(dentin conditioner)는 hydroxyethyl methacrylate-related compound (HEMA)를 함유하고 있으며 primer는 A와 B로 분리되어 있고 Primer A는 N(P-toyl) glycine-glycidyl methacrylate in acetone(NTG-GMA)이며 primer B는 biphenyl dimethacrylate in acetone(BPDM)으로 구성 되어 있는데 primer 용액은 상아질 기질 즉 관주상아질과 관간상아질로 침투하여 'microtag'를 형성하는데 이것이 상아질에 대한 재료의 결합을 강화시킨다²¹⁾. 원래의

All-Bond primer A,B는 혼합시 자가중합되거나 All-Bond 2에서는 primer의 중합을 위하여 광조사 요구된다¹⁸⁾. 또한 All-Bond 2의 adhesives는 Bis-GMA, HEMA, 그리고 urethane dimethacrylate로 구성되어 있다. All-Bond 2는 "Wet bonding"으로도 사용되며^{29,30,39)} Suh¹⁸⁾는 수분이 함유된 상아질은 primer의 침투를 용이하게 하여 unfilled resin adhesives가 상아질로 깊이 침투됨으로써 치질과 높은 결합강도를 나타낸다고 보고 하였으나 이때 'wet'나 수분이 타액오염을 의미하는 것은 아니다.

Scotchbond Multi-Purpose(MP)는 최근 개발된 재료로서 etchant로는 10% maleic acid로 pH가 1.2이며 primer는 HEMA와 copolymer로 구성되어 있는데 HEMA는 점성도가 낮고 유동성과 친수성이 강하여 상아세관 내로 유입되어 resin tag의 형성을 유도한다. Adhesive는 Bis-GMA와 HEMA로 되어 있으며 광중합 반응제재로서 Scotchbond 2에 비하여 피막의 두께와 중합 시간이 감소되었다. 제 2세대 상아질 접착제인 Scotchbond가 도말층을 제거하지 못한 반면 Scotchbond 2와 Scotchbond MP는 도말층을 용해시키는 역할을 하며²¹⁾ 특히 Scotchbond MP는 법랑질, 상아질 뿐 아니라 도재, 경화된 아말감, 비귀금속과도 결합할 수 있으며 복합레진의 보수에도 사용되는데 이 중 경화된 아말감에 대한 결합은 미약한 것으로 나타났다³¹⁾.

본 연구에서 5군과 6군에 나타난 전단 결합강도는 박 등⁴⁾의 연구 결과와 유사하였고 본 실험에서는 Scotchbond MP를 사용하여 광중합형 복합레진인 Clearfil Photo Bright(5군)에서는 3.26kgf/cm², 화학중합형 복합레진인 Clearfil F II(6군)에서는 9.24kgf/cm²의 전단 결합강도를 나타내었는데 1993년 박 등⁴⁾은 Scotchbond 2를 상아질 접착제로 사용하여 아말감과 광중합형 복합레진인 P-50(3M Dent.Pro.Div.)을 결합한 실험에서 아말감 표면을 sandblasting으로 표면처리 하였을 때 6.41kgf/cm²의 전단 결합강도를 나타내어 본 실험의 Scotchbond MP를 사용한 광중합형 복합레진의 경우보다는 높고 화학중합형 복합레진의 경우보다는 낮은 전단 결합강도를 나타내었다.

본 연구에서 All-Bond 2를 사용한 3군의 경우가 가장 높은 전단 결합강도를 나타내었는데 이는 조와 교³⁹⁾, Dickinson 등⁴⁰⁾과 Triolo와 Swift⁴¹⁾의 연구 결과와 유사하였으며, Chappell과 Eick³¹⁾도 All-Bond 2, Syntac, Prisma universal Bond 3, Tenure, Scotchbond MP를 사용하여 각 재료들의 산부식 유무에 따른 상아질에 대한 전단 결합강도를 측정하여 Scotchbond MP에서 다른 재료들에 비하여 높은 전단 결합강도를 보고하였으며 All-Bond 2에서 산부식 유무에 따른 전단 결합강도의 차이가 없었음을 보고하였다. 또한 주사 전자 현미경 관찰시 Scotchbond MP에서는 응집성 파괴(cohesive failure)를 보고하였고 그 이외의 재료에서는 대부분 접착성 파괴(adhesive failure)를 보고하였으며 Scotchbond MP의 primer 용액은 상아세관을 밀봉하는 능력이 없으며 primer 상방에 resin adhesive를 도포시 상아세관이 밀봉된다고 보고하였다.

본 연구에서 광중합형 복합레진이 화학중합형 복합레진보다 낮은 결합강도를 보인 것은 복합레진 자체의 중합수축의 방향 때문인 것으로 사료되는데 화학중합형 복합레진은 중합의 방향이 심부를 향하나 광중합형 복합레진에서는 중합수축이 표층을 향하기 때문인 것으로 사료된다.

1992년 윤과 박⁴²⁾은 중합 방식에 따른 상아질에 대한 복합레진의 접착 실험에서 화학중합형 복합레진이 광중합형 복합레진보다 높은 초기 결합강도를 보여 본 실험의 광중합형 복합레진과 화학중합형 복합레진을 비교한 결과와 같았으며, 또한 primer없이 resin adhesive만 사용한 군보다 primer를 사용한 군에서 결합강도가 높게 나타났음을 보고하였다.

본 실험 3, 4, 5, 6군에서는 primer의 사용이나 산부식 하지않고 resin adhesives만을 사용하여 아말감에 결합한 것으로 상아질과 달리 아말감 표면에 'resin tag' 등의 microtag를 형성하지 않는 상태에서 아말감에 대한 재료의 결합강도를 측정하였기에 치질에 대한 접착강도와는 다소의 차이가 있음을 보인다. 동일한 HEMA성분의 상아질 접착제인 All-Bond 2와 Scotchbond MP를 사용함에 있어 아말감과의 결합강도의 차이가 나타난 이유는 All-Bond 2 resin adhesive가

Scotchbond MP resin adhesive에 비하여 연마된 아말감 표면에 형성된 미세요철에 대한 침투력과 접착력이 높기 때문인 것으로 사료된다.

글라스아이오노머 시멘트는 polyacrylic acid의 액과 fluoroaluminosilica의 분말을 갖는 치질 접착성 심미 재료로서^{16,17)} 광중합형 글라스아이오노머 시멘트는^{16,19)} 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트에 비하여 초기 경화 시간이 짧고 조각이 용이하며 생물학적 친화성, 인산액에 대한 불용성, 강도, 불소 유리로 인한 항우식성, 방사선 불투과성, 경화의 신속성, 유동성 등의 장점이 있다. 또한 글라스아이오노머 시멘트를 충전하기 전 polyacrylic acid로 상아질 표면처리를 할 필요가 없어서 복합레진에 비하여 시술이 간편하나^{16,43)} McKinney 등¹⁴⁾은 글라스아이오노머 시멘트가 복합레진에 비하여 화학적 침식 정도가 높다고 주장하였다.

글라스아이오노머 시멘트의 범랑질에 대한 전단 결합강도는 12MN/m^2 이고 상아질에 대한 전단 결합강도는 9MN/m^2 이며, 글라스아이오노머 시멘트의 초기경화(initial setting)는 Ca과 polyanions가, 경화반응(hardening reaction)은 aluminum과 polyanions가 담당한다⁴³⁾.

Aboush와 Elderton¹²⁾은 광중합형 글라스아이오노머인 Vitrabond와 아말감과의 결합강도 실험에서 상아질 접착제로 Scotchbond를 사용하지 않은 경우가 이를 사용한 경우보다 높은 인장 결합강도를 나타내었으며 아말감의 경화된 정도에 따라 재료와 아말감 사이의 결합이 좌우된다고 주장하였다. Aboush와 Jenkins⁴⁴⁾는 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트가 경화된 아말감에 잘 접착됨을 보고하였는데 절삭형 아말감 합금인 Amalcap과 분산형 고동 아말감 합금인 Dispersalloy에 대한 글라스아이오노머 시멘트인 OpusFil W의 인장 결합강도를 측정할 실험에서 두 아말감 합금에 대한 글라스아이오노머 시멘트의 결합강도에 유의한 차이가 없음을 보고하였고, Arcoria 등¹⁵⁾은 지대치로서 아말감 합금과 글라스아이오노머 시멘트를 병용한 core가 아말감 단독 core에 비하여 글라스아이오노머 시멘트를 접착제로 사용한 경우 결합강도와 유지력이 높았음을 보고하였다.

Warren 등⁴⁵⁾과 Warren과 Söderholm^{17,46)}은 polyacrylic acid를 사용하여 글라스아이오노머 시멘트에 아말감을 결합시키는 실험에서 40%의 polyacrylic acid를 얇게 도포할 경우 전단 결합강도가 높게 나타났다고 보고하였다.

Holtan 등⁴⁷⁾은 광중합형 글라스아이오노머 시멘트인 Vitrabond와 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트인 GC lining cement 및 Ketac-Bond의 상아질에 대한 전단 결합강도를 비교한 실험에서 각각 8.03MPa, 3.76MPa, 4.71MPa의 결과를 얻었는데, 광중합형 글라스아이오노머 시멘트가 상아질에 대한 높은 결합강도를 보이는 것은 광중합형 이장재의 응집강도(cohesive strength)가 높기 때문인 것으로 생각된다. 글라스아이오노머 시멘트의 일반적인 결합 실패 양상이 응집 파괴(cohesive failure)인 것으로 보아^{12,47)} 이를 증진시킬 재료의 개발이 요구되며 글라스아이오노머 시멘트의 경화시 응집강도를 감소시키는 요인들을 배제해야 하며 특히 글라스아이오노머 시멘트가 완전 경화되기 전 수분 오염을 방지해야 한다.

본 실험에서 사용한 글라스아이오노머 시멘트는 광중합형과 화학중합형 모두 아말감에 대한 전단 결합강도가 복합레진에 비하여 낮은 것으로 나타났으나 두 재료간의 유의한 차이는 나타나지 않았는데 이는 아말감 표면을 연마 후 형성된 미약한 요철에 의존한 기계적 결합이 약하기 때문으로 사료된다. 또한 아말감에 대한 재료 자체의 결합력은 복합레진이 글라스아이오노머 시멘트에 비하여 높은 것을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과를 기초로 하여 결손된 아말감을 보수하는 임상적 응용시, 아말감에 여러 가지 형태를 형성하고 와동 내 인접해 있는 법랑질과 상아질에 대한 복합레진 및 글라스아이오노머 시멘트의 접착을 증진시키고 수분에 대한 재료의 취약성을 고려하여 충분한 방습과 주의깊은 시술이 시행된다면 아말감의 물리적 성질과 복합레진 및 글라스아이오노머 시멘트의 심미성을 이용한 이상적인 수복이 가능하리라 사료된다.

본 연구는 부분 결손된 아말감을 수복함에 있어 새로운 아말감으로 재수복하는 대신 심미성 접착재료를 이용한 부분적인 보수가능성을 관찰하기 위하여 120개의 acrylic resin cylinder에 와동을 형성하고 아말감을 충전한 다음 48시간 경과 후 sand paper로 표면처리하고 재료와 중합 방식에 따라 8개군으로 분류하여 아말감 표면과 복합레진 및 글라스아이오노머 시멘트와의 전단 결합강도를 측정하였다. 경화된 아말감에 결합시킨 재료로는 광중합형 복합레진인 Photo Clearfil Bright, 화학중합형 복합레진인 Clearfil FII, 광중합형 글라스아이오노머 시멘트인 Fuji II LC, 화학중합형 글라스아이오노머 시멘트인 Fuji II, 그리고 상아질 접착제로 All-Bond 2 와 Scotchbond Multi-Purpose(MP)를 사용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아말감에 복합레진을 결합시킨 경우가 글라스아이오노머 시멘트를 결합시킨 경우보다 높은 전단 결합강도를 나타내었다($P<.001$).
2. All-Bond 2를 상아질 접착제로 사용하여 화학중합형 복합레진을 결합한 4군에서 15.45 kgf/cm²로 가장 높은 전단 결합강도를 나타내었으며 Scotchbond MP를 상아질 접착제로 사용하여 광중합형 복합레진을 결합한 5군에서 3.26kgf/cm²로 가장 낮은 전단 결합강도를 나타내었다($P<.001$).
3. 상아질 접착제를 사용한 3, 4, 5, 6군에서 All-Bond 2를 사용한 3, 4 군이 Scotchbond MP를 사용한 5, 6 군보다 광중합형 및 화학중합형 모두에서 높은 전단 결합강도를 나타내었다.
4. 복합레진과 글라스아이오노머 시멘트 모두에서 화학중합형이 광중합형보다 높은 전단결합강도를 나타내었다($P<.001$).

REFERENCES

1. 신 영주, 최 호영: 글라스아이오노머 시멘트 표면 처리에 따른 치과용 아말감의 전단 결합강도에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 19:217-226, 1994.
2. Staninec M. and Holt M.: Bonding of amalgam to tooth structure:Tensile adhesion and microleakage tests. J Prosthet Dent, 59:397-402, 1988.
3. Staninec M.: Retention of amalgam restoration: undercuts versus bonding. Quint Int, 20:347-351, 1989.
4. 박 문희, 조 영곤, 황 호길: 아말감 표면처리에 따른 복합레진과의 전단 결합강도에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 18:114-121, 1993.
5. Anglis L.F. and Fine L.: The amalgam-composite resin restoration. J Prosthet Dent, 47:685, 1982.
6. Gordon M., Laufer B.Z., and Metzger Z.: Composite-veneered amalgam restorations. J Prosthet Dent, 54:759-762, 1985.
7. Osborne J.W. and Gale E.N.: Failure at the margin of amalgams as affected by cavity width, tooth position, and alloy selection. J Dent Res, 60:681-685, 1981.
8. Easton G.S. and Iowa I.C.: Causes and Prevention of amalgam failures. JADA, 28:392-400, 1941.
9. Lacy A.M., Rupprecht R., and Watanabe L.: Use of self-curing composite resins to facilitate amalgam repair. Quint Int, 23:53-59, 1992.
10. Inoue T.: 保存修復の 補修について, 歯界展望, 52:87-96, 1978.
11. Cardash H.S., Bichacho N., Imber S., and Liberman R.: A combined amalgam and composite resin restoration. J Prosthet Dent, 63:502-505, 1990.
12. Aboush Y.E.Y. and Elderton R.J.: Bonding of a light-curing glass-ionomer cement to dental amalgam. Dent Mater, 7:130-132, 1991.
13. Wilson A.D. and Kent B.E.: A New Translucent cement for Dentistry. The Glass Ionomer Cement. Br Dent J, 132:133-135, 1972.
14. McKinney J.E., Antonucci J.M., and Rupp N.W.: Wear and microhardness of glass-ionomer cements. J Dent Res, 66:1134-1139, 1987.
15. Arcoria C.J., DeWald J.P., Moody C.R., and Ferracane J.L.: A comparative study of the bond strengths of amalgam and alloy-glass ionomer cores. J Oral Rehabil, 16:301-307, 1989.
16. Jordan R.E., Suzuki M., and Mclean D.F.: Light-cured glass ionomers. Esthetic Dentistry: 59-61, 1989
17. Warren J.A. and Söderholm K.-J.M.: Bonding amalgam to glass ionomer with PAA. Dent Mater, 4:191-196, 1988.
18. Suh B.I.: All-Bond-Fourth generation dentin bonding system. J Esthet Dent, 3:73-81, 1991.
19. Aboush Y.E.Y., and Elderton R.J.: Bonding dental amalgam to a light-curing glass-ionomer liner/base. Br Dent J, 170:219-222, 1991.
20. Hotz P., McLean J.W., Sced I., and Wilson A.D.: The bonding of glass-ionomer cements to metal and tooth substrates. Br Dent J, 142:41-47, 1977.
21. Joynt R.B., Davis E.L., Wiczkowski G., and Yu X.Y.: Dentin bonding agents and the smear layer. Oper Dent, 16:186-191, 1991.
22. Durnan J.R.: Esthetic dental amalgam-composite resin restorations for posterior teeth. J Prosthet Dent, 25:175-176, 1971.
23. Roda R.S. and Zwicker P.F.: The combined composite resin and amalgam restoration for posterior teeth:a clinical report. Quint Int, 23:9-13, 1992.
24. Sakiyama M., Naohara R., Satake S., Shimizu A., and Yoshioka W.: A study on a combined restoration of bonded amalgam and composite resin. Japan J Conserv Dent, 34:191-198, 1991.
25. Shimizu A., Sakiyama M., Naohara R., Satake S., Hasegawa M., and Yoshioka W.: A study on a combined restoration of bonded amalgam and composite resin. Japan J Conserv Dent, 35:440-447, 1992.
26. Shimizu A. Satake S., Hasegawa M., Honda K., and Yoshioka W.: A study on a combined restoration of bonded amalgam and composite resin. Japan J Conserv Dent, 35:1003-1009, 1992.
27. Hadavi F., Hey J.H., and Ambrose E.R.: Assessing microleakage at the junction between amalgam and composite resin:A new method in vitro. Oper Dent, 16:6-12, 1991.
28. Hadavi F., Hey J.H., Ambrose E.R., and Elbadrawy H.E.: Effect of different adhesive systems on microleakage at the amalgam/composite resin interface. Oper Dent, 18:2-7, 1993.
29. KankaIII J.: Resin bonding to wet substrate.

- I. Bonding to dentin. *Quint Int*, 23:39-41, 1992.
30. Kanka III J.: Resin bonding to wet substrate. II. Bonding to enamel. *Quint Int*, 23:625-627, 1992.
 31. Chappell R.P. and Eick J.D.: Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesives. *Quint Int*, 25:359-368, 1994.
 32. Jordan R.E., Suzuki M., McLean D.F., and Senda A.: Clinical evaluation of Tenure and Scotchbond 2 for cervical erosion lesions. *J Dent Res*, 68:996 Abs 1032, 1989.
 33. 권 오택, 박 동수: Dentin bonding agents들의 상아세관 밀봉효과에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 18:483-492, 1993.
 34. Dayton R.E., DeMarco T.J., and Swedlow D.: Treatment of hypersensitivity root surfaces with dental adhesive materials. *J Periodontol*, 45:873, 1974.
 35. Fabra H.: Restoration of endodontically treated teeth using a combined amalgam-composite resin technique. *Quint Int*, 23:461-464, 1992.
 36. Kossa A.P.: Microleakage in a hybrid Amalgam-Composite restoration. *General Dentistry*, 35(4): 289-291, 1987.
 37. Fuks A.B. and Shey Z.: In vitro assessment of marginal leakage of combined amalgam-sealant restorations on occlusal surfaces of permanent posterior teeth. *J Dent Child*, 50(6):425-429, 1983.
 38. Cooley R.L., McCourt J.W., and Train T.E.: Bond strength of resin to amalgam as affected by surface finish. *Quint Int*, 20:237-239, 1989.
 39. 조 영곤, 고 창현: 5급와동에 충전한 심미성 수복재의 치질과의 적합도에 관한 주사현미경적 연구. *대한치과보존학회지*, 18:413-421, 1993.
 40. Dickinson G.L., Stevens J.T., Overberger J.E., and McCutcheon W.R.: Comparison of shear bond strengths of some third-generation dentin bonding agent. *Oper Dent*, 16:223-230, 1991.
 41. Triolo P.T. and Swift E.J.: Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *Dent Mater*, 8:370-374, 1992.
 42. 윤 동호, 박 상진: 상아질 표면 처리에 의한 상아질과 복합레진의 결합에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 17:36-53, 1992.
 43. McCaghren R.A., Retief D.H., Bradley E.L., and Denys F.R.: Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J Dent Res*, 69:40-45, 1990.
 44. Aboush Y.E.Y. and Jenkins C.B.G.: The bonding of glass-ionomer cements to dental amalgam. *Br Dent J*, 166:255-257, 1989.
 45. Warren J.A., Soderholm K.-J.M., and Roberts J.: PAA film application and the Amalgam-PAA-glass ionomer bond. *Dent Mater*, 4:338-340, 1988.
 46. Warren J.A. and Söderholm K.-J.M.: Short-term moisture conditions and the amalgam-PAA-glass ionomer bond. *Dent Mater*, 4:232-237, 1988.
 47. Holtan J.R., Nystrom G.P., Olin P.S., Rudney J., and Douglas W.H.: Bond strength of a light-cured and two auto-cured glass ionomer liners. *J Dent*, 18:271-275, 1990.