갈륨과 아말감 수복물의 변연미세누출에 관한 비교 연구

부산대학교 치과대학 치과보존학교실

이민호 · 이희주 · 허 복

Abstract

COMPARISON OF MICROLEAKAGE OF GALLIUM ALLOY AND AMALGAM RESTORATION

Min-Ho Lee, Hee-Joo Lee, Bock Hur

Dept. of Conservative Dentistry, College of School, Pusan National University

This in vitro study compared the microleakage of 4 lining conditions when used with Gallium alloy GF Ⅱ and Valiant PhD. Class V cavity was prepared on both buccal and lingual surface of 80 extracted human premolar & molar teeth with one margin in enamel and another in dentin. Before restoration, prepared cavities were applied to no-liner, cavity varnish, Scotchbond multipurpose, and Superbond D-liner Ⅱ plus according to manufacture's instructions. The restored teeth were stored in saline for 1 week, then thermocycled for 100 times, stained with 0.5% basic fuchsin dye for 1 day, sectioned, and observed using a light microscope.

Following results were obtained.

1. The leakage value of Superbond-lined group showed significantly lower than that of no-lined group on both margins of Valiant PhD($p<0.05$).
2. There was no significant difference between the 4 lining conditions in Gallium alloy GF Ⅱ ($p>0.05$).
3. When We make a comparison between Gallium alloy GF Ⅱ and Valiant PhD under same lining conditions, the microleakage value of Gallium alloy GF Ⅱ showed lower than that of Valiant PhD on occlusal & gingival margin($p<0.05$) except for Superbond-lined group($p>0.05$).

Ⅰ. 서 론

아말감은 과거에 비해서 사용 범위가 감소되었으나 물리적 성질, 수명, 조작의 편리성, 경제성 등의 이유로 구치부 수복물에 널리 사용되고 있다. 그러나 아말감에 포함되는 수은이 인체와 환경에 미치는 영향[1,2]에 대해서는 아직도 논란이 되고 있으며 아말감 대체 물질에 대한 관심과 연구가 계속되고 있다. 특히 아말감내의 수은을 대체하기 위한 여러 연구들이 진행되었는데, 그 중의 하나가 갈륨을 사용하는 것으로 그 이유는 실온에서 액체 상태를 유지하기 때문이다. 1928년 수은 대체물로 갈륨이 처음 제시된 이후 아말감을 대체할 수 있는 가능성에 대한 연구[3-5]가 계속되어 왔고 최근에는 2가지 상품 -Gallium alloy GF Ⅱ(Tokuriki Honten, Japan), Galloy (Southern dental industries, Australia)- 이 나오기에 이르렀다.

아말감 수복물을 비롯한 금속 재료를 이용한 수복물은 치질과 접착되는 재료가 아니므로 수복물과 치아 사이의 변연부에 미세누출이 일어날 수 있고 이로 인해 이차 우식증, 술후 과민성, 치수병변 및 치아변색 등이 야기되어 결국은 수복물의 실패를 가져올 수 있다. 통상적으로 아말감 수복물에서 미세누출을 감소시키기 위한 방법으로 cavity varnish를 사용하는데 이것은 초기 미세누출을 감소시키데는 우수하나 시간이 경과할수록 그 효과는 감소한다[6-8].

한편, 산부식법에 의한 수복물과 법랑질과의 결합이 성공적으로 밝혀지면서[9] 와동의 대부분을 차지하는 상아질과 수복재의 결합을 위한 상아질 접착제의 개발이 활발해지고 있다. 이러한 상아질 접착제를 수복물의 이장재로 사용하면 미세누출이 현저히 감소된다는 보고[10]도 있으며 나아가 법랑질과 상아질뿐 아니라 아말감과 같은 금속 재료와의 결합이 가능한 접착제가 소개[11,12]되고 있다. 이러한 접착성 재료를 이용할 경우, 수복물의 유지력 향상 뿐 아니라 잔존 치질을 강화시킬 수 있고[13,14] 변연부의 미세누출이 감소[15]되므로 술후 과민증을 비롯한 수복물의 실패 요인이 감소될 수 있다. 최근에 사용되는 상아질 접착제들은 생물학적 위해성 때문에 상아질에 대한 산처리를 금기시하였던 종래의 개념과는 달리 대부분이 산처리제를 사용하여 도말층을 제거하면서 일정 깊이까지 상아질을 탈회시켜 교원섬유층을 노출시킨다. 여기에 친수성 단량체인 primer를 도포하면 노출된 상아질의 교원섬유사이로 침투하여 하이브리드층이 형성되면서 강한 결합이 이루어지게 된다고 알려져 있다[11]. 특히 아말감 접착제로 사용되는 재료는 혐수성인 아말감과 친수성인 치질에 다 부착할 수 있도록 두 가지 성질의 종말기를 다 가지고 있어야 하는데, 4-META(4-methacryloxy-ethyl trimellitic anhydride)가 흔히 사용된다[16]. 접착제를 도포한 후, 곧 아말감을 응축하면 아말감의 미세구조물이 접착제내에 혼합된 상태에서 경화되어 강한 계면이 형성되고 치질면에서는 상아질 접착제에서 나타나는 하이브리드층이 형성된다[16].

갈륨 합금은 치질에 접착성이 있어서 아말감에 비해 변연부 밀봉(sealing)이 우수하다는 보고[4,5]가 있지만 이에 대한 평가가 부족하며, 임상에서 아말감 접착제 및 상아질 접착제의 사용이 증가하고 있으나 변연부에서의 미세누출에 미치는 영향에 대한 보고는 미흡한 실정이다. 미세누출을 평가하는 방법으로는 염색제, 방사선 동위원소, 박테리아 또는 압축 공기를 수복물 주변에 침투하도록 하여 평가하는 실험실 연구와 변연부 틈을 직접 관찰하는 법, 그리고 임상적 평가가 있다[17]. 이 중 임상적 평가가 가장 믿을 만한 방법이지만 상당한 기간과 비용이 소모되고 임상 조사가 완결되기 전에 실험 조건이 변하는 경우가 종종 있으므로 단기간에 평가가 가능한 실험실 연구와 직접 관찰법이 많이 사용되고 있다.

본 실험에서는 갈륨과 아말감 수복물에 이장재를 사용하지 않은 경우와 통상적으로 사용되는 cavity varnish, 현재 널리 인정받는 상아질 접착제, 그리고 아말감 접착제를 사용한 후 각각의 경우에서 변연부의 미세누출에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

발거한 사람의 소구치와 대구치중 우식이나 표면 손상이 없는 것으로 80개를 이용하였다. 수복 재료로 아말감은 Valiant PhD (Dentsply, USA),

Table 1. Amalgam, gallium alloy, liner and adhesives used in this study

Products	Manufacturers	Composition
Valiant PhD	Dentsply, USA	powder:Ag 52.7%, Sn 29.7%, Cu 17.4%, Pd 0.5% liquid:Hg 100%
Gallium alloy GF Ⅱ	Tokuriki Honten, Japan	powder:Ag 60%, Sn 25%, Cu 13%, Pd 2% liquid:Ga 65%, In 18.95%, Sn 16%, etc 0.5%
Copalite	Colley & Cooley, USA	gum copal, rosin, rosin ester, pheno-formaldehyde group, chlorbutanol
Scotchbond Multipurpose dentin adhesive	3M, USA	etchant:10% maleic acid primer:HEMA & polyalkenoic acid copolymer adhesive:HEMA, Bis-GMA
Superbond D-Liner Ⅱ plus	Sun Medical, Japan	green activator:citric acid & ferric chloride base:MMA, 4-META, PMMA catalyst:TBB, MMA polymer(clear):PMMA

갈륨 합금은 Gallium alloy GF Ⅱ(Tokuriki Honten, Japan)를 선택했다. Cavity varnish로는 Copalite (Colley & Cooley, USA), 접착제는 Scotchbond Multipurpose Dentin Adhesive(3M, USA)와 Superbond D-Liner Ⅱ plus(Sun Medical, Japan)를 사용했다(표 1). 가시광선 조사기는 Curing light XL 3000(3M, USA)을 이용했다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

치아의 협설면에 고속 엔진용 No. 245 bur로서 2×2×3mm의 5급 와동을 각각 형성하였는데, 와동변연은 백악법랑 경계를 중심으로 상하 1mm에 변연이 butt joint를 이루게 했다. 와동 형성후 20초간 세척하고 30초간 부드럽게 건조시켰다. 이후 한 군당 10개 치아씩 무작위로 배당하여 모두 여덟 개의 실험군으로 나누었다(표 2). 그리고, 각 군은 제조자의 지시에 따라 cavity varnish 및 접착제를 도포하였다(표 3).

Valiant PhD는 혼합형 고동 아말감으로 캡슐 형태이며, Gallium alloy GF Ⅱ는 구상 입자로 역시 캡슐 형태로 되어 있다. 이후 Valiant PhD와 Gallium alloy GF Ⅱ를 각각 amalgamator(amalgamator-D형, Shofu, Japan)에서 10초간 연화한 후, 통상의 방법으로 충전하였다. 단, Gallium alloy GF Ⅱ는 전용 기구를 사용하였다. 이후 생리식염수에 담구어 실온 상태에서 7일간 저장하였다. 아말감, 갈륨 수복물 모두 충전 24시간 후에는 각각의 전용 kit을 이용하여 연마했다. Vitrebond(3M, USA) glass ionomer와 dental compound(Kerr, USA)로 근첨 부위를 밀봉하고, 충전물 변연 1mm를 제외한 모든 표면에 nail varnish를 2회 도포한 후 건조시켰다. 치아를 5℃와 55℃의 물에서 100회의 thermocycling을 시행한 후, 실온의 0.5% basic fuchsin dye solution에 24시간 담구어 두었다. 흐르는 물에 염색용액을 세척한 후에 diamond disk로서 협,설측으로 치아 장축에 평행하게 절단하였다.

Table 2. Classification of group (n=20)

	Liner	Alloy
group 1	None	Valiant PhD
group 2	None	Gallium alloy GF Ⅱ
group 3	Copalite	Valiant PhD
group 4	Copalite	Gallium alloy GF Ⅱ
group 5	SMPDA*	Valiant PhD
group 6	SMPDA*	Gallium alloy GF Ⅱ
group 7	Superbond #	Valiant PhD
group 8	Superbond #	Gallium alloy GF Ⅱ

SMPDA*:Scotchbond mutipurpose dentin adhesive
Superbond #:Superbond D-Liner Ⅱ plus

Table 3. Clinical Procedure of cavity varnish and adhesive application

no liner (group 1, 2)	washing:20sec, drying:30sec
copalite (group 3, 4)	1st layer application & dry 2nd layer application & dry
Scotchbond multipurpose(group 5,6)	acid etching:15sec, washing:15sec, dry:20sec primer application & dry adhesive application & light curing:10sec
Superbond D-Liner Ⅱ plus (group 7,8)	green activator(enamel):30sec, (dentin):10sec washing:15sec, dry:20sec mixing base 2 drop & catalyst 1 drop add polymer powder to the mixture

2) 미세누출 측정

만들어진 시편의 교합면측 변연과 치은면측 변연을 10배율의 광학 현미경하에서 염색 용액의 침투 정도를 관찰하였는데, 그 수준은 다음을 기준으로 판정하였다.

0:염색 용액 침투가 없는 경우

1:염색 용액 침투가 와동의 교합면벽과 치은면벽의 ½을 넘지 않은 경우

2:염색 용액 침투가 와동의 교합면벽과 치은면벽의 ½을 넘었으나 축면벽을 넘지 않은 경우

3:염색 용액 침투가 축면벽을 넘어 간 경우

3) 통계 처리

통계 분석에는 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 사용하였다.

Ⅲ. 실험결과

각 군에서 나타나는 염색 용액의 침투 정도는 표 4,5와 같다.

Table 4. Leakage score

	Am									Ga							
	occlusal				gingival					occlusal				gingival			
score	0	1	2	3	0	1	2	3	score	0	1	2	3	0	1	2	3
group 1	4	3	5	8	2	4	2	12	group 2	12	3	5	0	5	6	5	4
group 3	7	4	4	5	1	1	5	13	group 4	11	7	2	0	7	7	6	0
group 5	3	8	4	5	2	5	5	8	group 6	15	1	3	1	6	5	7	2
group 7	8	6	6	0	5	7	4	4	group 8	14	1	4	1	12	3	2	3

Table 5. mean & standard deviation of leakage score

	occlusal		gingival	
	mean	standard deviation	mean	standard deviation
group 1	1.85	1.18	2.2	1.11
group 2	0.65	0.88	1.4	1.10
group 3	1.35	1.22	2.5	0.83
group 4	0.55	0.69	0.95	1.10
group 5	1.55	1.05	1.85	1.04
group 6	0.5	0.95	1.25	0.83
group 7	0.9	0.85	1.35	1.09
group 8	0.45	0.83	0.8	1.15

1. 교합면측 변연에서의 비교

교합면측에서 모든 갈륨과 아말감 수복물간의 미세누출을 비교하였을 때, 갈륨 수복물에서의 미세누출이 아말감 수복물에 비해 감소되었다($p<0.05$). 와동 처치 조건이 같을 때 갈륨과 아말감 수복물에서의 미세누출을 비교하면 Superbond도포군에서만 통계학적으로 유의성이 없었고($p>0.05$), 나머지 세 조건에서는 갈륨 수복물이 아말감 수복물보다 염색 용액 침투도가 감소하였다($p<0.05$).

2. 치은면측 변연에서의 비교

치은면측에서도 갈륨 합금에서의 미세누출량이 아말감보다 감소하였다($p<0.05$). 와동 처치 조건이 같을 때에는 교합면측과 동일하게 Superbond도포군에서만 통계학적으로 유의성이 없었고($p>0.05$), 나머지 세 조건에서는 갈륨 수복물이 아말감 수복물보다 염색 용액 침투도가 감소하였다($p<0.05$).

3. 아말감 수복물에서의 비교

1) 교합면측 변연

Superbond도포군에서 가장 낮은 누출량이 나타났고, Copalite도포군, SMPDA도포군, 이장재 없는 군의 순으로 염색 용액의 침투도가 증가하였으나, Superbond도포군(7군)과 이장재 없는 군(1군)과의 누출량 차이에서만 통계적으로 유의성이 있었다($p<0.05$).

2) 치은면측 변연

치은면측에서의 염색 용액 침투도는 전체적으로 교합면에 비해 높게 나타났으며, Superbond도포군, SMPDA도포군, 이장재 없는 군, Copalite도포군의 순으로 높은 침투도를 나타내었다. 통계적 비교시 Superbond도포군(7군)이 이장재 없는 군과 Copalite 도포군(1, 3군)보다 유의성있게 낮은 침투도를 보였다($p<0.05$).

Table 6. Result of ANOVA & Duncan's multiple range test

	group 1	group 3	group 5	group 7
group 1				
group 3				
group 5				
group 7	※, ☆	☆		

※ significantly different ($P<0.05$) : occlusal margin of amalgam restorations

☆ significantly different ($P<0.05$) : gingival margin of amalgam restorations

4. 갈륨 수복물에서의 비교

1) 교합면측 변연

염색 용액 침투도는 아말감 수복물에 비해 낮게 나타났으며, Superbond도포군, SMPDA도포군, Copalite도포군, 이장재 없는 군의 순으로 침투도가 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

2) 치은면측 변연

치은면측 변연에서의 염색 용액 침투도 역시 갈륨 수복물이 아말감보다 적게 나타났다. Superbond도포군, Copalite도포군, SMPDA도포군, 이장재 없는 군의 순으로 염색 용액의 침투가 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

아말감이 가지는 여러 가지 장점에도 불구하고 수은의 독성[1,2], 치질과의 접착력 부재에 따른 변연부의 미세누출 가능성에 대한 문제점 등이 지속적으로 제기되어 아말감 대체 물질의 필요성이 대두되어 왔다. 특히 미세누출은 세균과 타액 및 독소의 유입을 가능하게 하고, 치아변색이나 술후 과민성, 치수염증을 일으켜 수복물의 실패를 야기하므로 이를 감소시키기 위한 연구가 지속되어 왔다[6,9].

아말감 수복물에서 나타나는 미세누출은 경화시의 아말감 수축과 아말감과 치아의 열적 팽창계수의 차이 등에 의해 일어난다[18]. Mahler[19]는 절삭형이나 혼합형 아말감보다 구상형 아말감에서의 미세누출량이 많다고 보고하였다. 이러한 현상은 응축시 절삭형과 혼합형이 구상형에 비해 응축력을 강하게 가할 수 있으므로 와동벽 계면에서의 틈이 작게 생기기 때문인 것으로 사료[18]되므로 본 실험에서는 혼합형 아말감을 사용하였다. 또한 아말감

내의 수은 함유량이 증가하면 미세누출이 증가한다는 보고[19]도 있으므로 수은의 함유량이 일정한 캡슐형 아말감으로 실험하였다.

아말감에서 미세누출을 감소시키기 위해 흔히 cavity varnish를 사용하는데, 혼합형 아말감에선 cavity varnish없이도 좋은 결과를 얻는다고 보고했다[19-21]. 본 실험에서도 이장재 없는 군과 Copalite 도포군과의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났는데, 이것은 Chang 등[20]과 Newman 등[21]의 결과와 일치하나 Ben-Amar 등[22]과 최 등[23]의 실험과는 상치한다. 전통적으로 아말감 주위 미세누출은 초기엔 cavity varnish에 의해 감소되고, 시간이 어느 정도 지난 후엔 부식 산물이 생성되어 틈이 폐쇄된다[6,7]고 생각하지만, Torii 등[24]은 이런 결론은 염색 용액과 동위원소 침투성의 감소에 의해 나온 것으로, 부식 산물이 재발성 우식을 막지는 못한다고 했다. 따라서 cavity varnish보다 효과적으로 변연을 폐쇄할 수 있는 방법을 강구하게 되었고 복합레진 수복에 사용하는 상아질 접착제 및 이를 변형시킨 아말감 접착제를 사용하게 되었다.

4-META 레진을 사용시 cavity varnish보다 미세누출이 감소된다는 문헌은 이미 여러 차례 보고[25-27]되었다. 본 실험에서도 4-META를 함유한 Superbond도포군에서, 사용한 합금에 상관없이 미세누출량이 가장 적은 것으로 나타났다. Saiku 등[18]은 이장재를 도포하지 않은 경우에 염색 용액이 상아세관으로 침투하여 치수강으로 들어갔으나, 4-META 레진을 도포한 수복물에서는 염색 용액이 상아세관 내로는 침투되지 않고 아말감-레진층 계면에 국한되며, SEM으로 관찰하였을 때 4-META 레진으로 이장된 수복물의 와동 내면은 레진층으로 밀봉되었으나, 4-META/아말감 계면에서는 명백한 미세누출이 있는 것으로 보고했다. Imbery 등[13]은 4-META/MMA-TBB 중합시 일어나는 체적 변화가 상아질 표면으로 향하는 것이 미세누출의 감소에 기여하는 것으로 생각했다. 그러나 4-META 레진은 비교적 짧은 작업 시간을 가지므로 수복 전에 레진이 부분적으로 중합되거나, 과량의 레진이 있는 곳에서는 아말감 수복물이 약화될 수 있고[28,29], 4-META 레진 적용시 부주의로 와동의 유지구나 함몰 부위에 과잉 적용될 수 있다[6]. 이렇게 아말감 응축시 여러 요인들에 의해 작은 결함 함유물들이 접착대에 불규칙적으로 넓게 분포되면 본래의 아말감의 성질에 영향을 줄 수 있다[30].

레진은 장기간 수분에 노출되면 가수분해에 의한 질적 저하(hydrolytic degradation)가 일어나게 되며 이러한 현상에 의해 변연부 미세누출이 증가할 수 있다[25]. Nakabayashi 등[11]은 물에 장기간 보관시, 부식으로 인한 지나친 탈회와 약화된 상아질로의 불완전한 단량체 확산으로 하이브리드층이 형성되지 않은 즉, 레진과 결합되지 않은 상아질내 교원섬유의 띠가 약화될 수 있으므로 시편을 3개월 이상 보관시 결합의 내구성이 떨어지는 것으로 보고했다. Moore 등[6]의 실험에서도 1년이 지나면서 레진 접착제군의 결합이 파괴되고 부식 산물이 생성되지 않아 미세누출이 증가되었다고 보고했다. 본 실험에서 아말감 수복물에 상아질 접착제를 도포했을 때 다른 조건에 비해 통계적으로 유의성 있게 미세누출이 감소하는 결과가 나타나지 않았는데. 이것은 1주일 동안 생리 식염수에 보관하는 동안 상아질 접착제의 hydrolytic degradation이 일어나 미세누출량이 증가한 것과 시술상의 부주의점, 그리고 산부식제의 차이[31]에 기인한 것 같다.

한편, 갈륨은 수은 다음으로 낮은 용융점(29.75 ℃)을 가지고 있어 실온에서 액체 상태를 유지하므로 수은 대체물로 관심을 끌게 되었다[32]. 특히 갈륨 자체가 수은과는 다르게 치질에 부착성을 가지는 것은 여러 가지로 매력적이다. 갈륨 합금의 wettability는 갈륨 표면의 얇은 산화막에 의한 것으로 추정되는데[3], 이러한 wetting action은 와동벽에 우수한 부착을 낳지만, 조작에는 단점이 될 수 있다. 우선 갈륨 합금 연화 후에 캡슐 내면에 부착되므로 제거가 용이하지 않은 점이 있고, 제조자가 추천하는 PTFE(Polytetrafluoroethylene) coated instruments를 사용하더라도 수시로 기구를 닦아주어야 한다[33]. 이전보다는 이 점에 대해 많은 개선이 있었다고 제조사에서 주장하지만 본 실험에서 사용한 Gallium alloy GF Ⅱ 또한 예외가 아니었다. 대안으로 연화 동안에 알코올을 첨가하여 이러한 조작의 용이성을 개선[34]할 수 있는데, Momoi 등[35]은 알코올을 5㎕보다 적게 첨가하면 갈륨 합금의 여러 기계적 성질을 저하시키지 않고도

효과적으로 점조도를 조절할 수 있다고 했다.

물리적 성질 비교에서 압축 강도는 아말감과 비슷하나 creep와 마모율이 더 우수한 것으로 나타났지만[34,36], 부식 저항성이 낮고[37], 변색[38,39]도 많이 나타난다. 또한 Okamoto와 Horibe는[32] 갈륨 합금의 경화 팽창으로 우수한 변연 밀봉이 기대된다고 했다. 특히, 경화때 수분과 접촉하면 그 양이 더욱 커진다[40]. Navarro 등[38]은 Galloy로 수복시 수분 접촉을 막기 위한 수복 직후의 밀봉을 하지 않았는데 8개월 후에 높은 술후 민감성, 치아의 crack, 변연의 백색화, 과도한 변색과 부식이 나타났다. Osborne 등[39]은 갈륨 합금 수복 전에 레진 이장재로 와동을 밀봉하고, 교합면쪽으로도 초기에 수분으로부터 보호하기 위해 수복후 밀봉하였는데, 2년후에 단지 하나의 수복물만 술후 민감성 없이 완전했고, 24%는 뚜렷한 변색, 60%는 거친 표면을 나타냈다고 했다. Kaga 등[41]은 Gallium alloy GF 수복물 조사에서 1년후에 심각한 부식 산물 축적이 있었으나, 과도한 팽창이나 그 밖의 문제는 없는 것으로 보고하면서, 부식 문제로 영구치 수복물에는 부적절하나 유치에는 쓰여질 만하다고 했다.

본 실험에서 식염수에 저장 후에 갈륨 시편상에 하얀 가루가 막처럼 형성되었고, 시편의 표면이 모두 검게 변한 것을 관찰 할 수 있었다. Waterstrat[4]에 의하면 이것은 white gallium oxyhydroxide로서 갈륨 합금 표면의 흑화를 동반하며, 흑화는 잔존한 Pd이나 Pd-rich intermetallic compound에 의해 야기된다고 하면서, 사람의 구강 조건에서는 이러한 현상이 나타나지 않는다고 했다. 한편 Navarro 등[38]은 갈륨 수복물의 변연이 희게 되는 것을 보고했는데, 이것은 white gallium oxyhydroxide로 결정화되는 white gelatinous compound가 천천히 형성된 결과이며 이것의 임상적 중요성은 아직 밝혀지지 않았다고 했다.

본 실험에서 갈륨 합금에서의 미세누출량은 아말감 수복물에서보다 유의성 있게 감소하였다 ($p<0.05$). 동일한 이장 조건의 비교시 Superbond도포군에서만, 사용한 합금에 관계없이 미세누출이 낮게 나타났는데($p>0.05$), 이것은 Superbond자체의 접착력에 의한 것으로 생각된다. 그리고 갈륨 수복물간의 이장 조건을 비교한 결과는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 이것은 갈륨 합금이 지닌 특성인 치질 부착성과 경화 팽창에 의해 이장 조건이 영향을 끼치지 않은 것으로 사료된다. 그런데, Saito 등[5]은 상아질보다는 법랑질에, 구강내 온도보다는 실온에서, 그리고 습기가 많은 곳보다는 건조한 조건에서 아말감보다 갈륨 합금의 부착력이 높은 것으로 보고했다. 이것에 따르다면 실제 임상에서 적용시 미세누출의 정도는 본 결과보다 크게 나타날 것으로 추정된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 갈륨 수복물에서의 미세누출은 아말감 수복물에 비해 유의성 있게 낮았고, 아말감 수복물에서 4-META 레진을 사용한 경우에 미세누출량이 감소됨을 확인할 수 있었다. 하지만 상아질 변연에서 보다 효과적으로 미세누출을 감소시킬 수 있는 접착제의 개발이 필요하고, 갈륨 수복물의 변색이나 부식 저항성 등의 개선과 장기간의 임상 검증이 뒤따라야 갈륨 수복물에 대한 정확한 평가가 가능할 것이므로 이에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 여겨진다.

V. 결 론

아말감 수복물과 갈륨 수복물에서의 미세누출을 비교, 평가하고 각 수복물의 이장 조건에 따른 미세누출 정도를 파악하기 위해 발거한 사람의 건전한 소,대구치의 협설면에 5급 와동을 형성한 후, 수복 재료에 따라 아말감 합금(Valiant PhD)과 갈륨 합금(Gallium alloy GF Ⅱ)을, 이장 조건에 따라서는 이장재를 도포하지 않은 군, Copalite도포군, Scotchbond MultiPurpose도포군, Superbond D-Liner Ⅱ Plus도포군으로 나누어 각각 수복하였다. 이 후 7일간 실온의 생리식염수에 저장하고, 5℃와 55℃에서 100회의 thermocycling을 실시한 후, 24시간 동안 basic fuchsin dye solution에 담구었다가 협설측으로 절단하여 교합면측 변연과 치은면측 변연에서 미세누출 정도를 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. 이후 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 통계 처리하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Valiant PhD는 모든 변연에서 Superbond도포군이 이장재를 도포하지 않은 군보다 유의성 있

게 미세누출이 적은 것으로 나타났다($p<0.05$).

2. Gallium alloy GF Ⅱ는 이장 재료간의 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).
3. 동일한 이장 조건하에서 갈륨 수복물(Gallium alloy GF Ⅱ)과 아말감 수복물(Valliant PhD)에서의 미세누출을 비교하였을 때, Superbond도포군만을 제외하고는($p>0.05$), 갈륨 수복물의 미세누출이 통계적으로 유의성 있게 낮았다($p<0.05$).

참고문헌

1. D. C. Langdon, P. L. Fan and A. A. Hoos: The use of mercury in dentistry: A critical review of the recent literature. JADA 115:867-880, 1987
2. J. E. Abraham, C. W. Svare and C. W. Frank: The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels. J Dent Res 63:71-73, 1984
3. D. L. Smith, H. J. Caul: Alloys of gallium with powdered metals as possible replacement for dental amalgam. JADA 53:315-324, 1956
4. R. M. Waterstrat: Evaluation of a gallium-palladium-tin alloy for restorative dentistry. JADA 78:536-541, 1969
5. C. Saito, T. fusayama: Adhesive and sealing properties of gallium alloy. J Dent Res 54:916, 1975
6. D. S. Moore, W. W. Johnson and I. Kaplan: A comparison of amalgam microleakage with 4-META liner and copal varnish. Int J prosthodont 8:461-466, 1995
7. R. Liberman et al.: Long term sealing properties of amalgam restorations: An in vitro study. Dent Mater 5:168-170, 1989
8. A. Ben-Amar et al.: Marginal microleakage: the effect of the number of cavity-varnish layers and the type of amalgam used. Dent Mater 2:45-47, 1986
9. D. Hugo Retief: Are adhesive technique sufficient to prevent microleakage? Oper Dent 12:140-145, 1987
10. C. C. Youngson, N. J. A. Crey and D. M. Martin: In vitro microleakage associated with five dentinal bonding systems and associated composite restoration. J Dent 18:203-8, 1990
11. N. Nakabayashi, M. Ashizawa and M. Nakamura: Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo. Quint Int 23:135-141, 1991
12. N. Nakabayashi, A. Watanabe and N. J. Gendusa: Dentin adhesion of "modified" 4-META/MMA-TBB resin: function of HEMA. Dent Mater 8:259-264, 1992
13. T. A. Imbery, T. J. Hilton and S. E. Reagan: Retention of complex amalgam restorations using self-threading pins, amalgapins and amalgambond. Am J Dent 8:117-121, 1995
14. M. Stainnec, M. Holt: Bonding of amalgam to tooth structure: Tensile adhesion and microleakage tests. J Prosthet Dent 59:397-402, 1988
15. X-Y Yu, G. Wei, and J-W Xu: Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. Quint Int 18:783-787, 1987
16. Clifford M. Sturdevant: The art & science of operative dentistry. 3rd edition pp.246-247
17. H. O. trowbridge: Model systems for determining biologic effect of microleakage. Oper Dent 12:164-172, 1987
18. J. M. Saiku, H. A. St. Germain Jr. and J. C. Meiers: Microleakage of a dental amalgam alloy bonding agent. Oper Dent 18:172-178, 1983
19. D. B. Mahler, L. W. Nelson: Sensitivity answers sought in amalgam alloy microleakage study. JADA 125:282-288, 1994
20. J. C. Chang et al.: Microleakage of a 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride bonding agent with amalgams. J Prosthet Dent 75:495-8, 1996
21. J. E. Newman, S. O. Hondrum, and D. B. Clem: Microleakage under amalgam restorations lined with Copalite, Amalgambond Plus,

and Vitrebond. Gene Dent 340-344, 1996
22. A. Ben-Amar et al.:Long-term use of dentine adhesive as an interfacial sealer under Class Ⅱ amalgam restorations. J Oral Rehabil 17:37-42, 1990
23. 최상철, 박준일, 권혁춘:수종의 접착제를 사용한 아말감 수복시의 미세 변연 누출에 관한 연구. 대한치과보존학회지 22(1):447-463, 1997
24. Y Torii et al.:Inhibition in vitro of caries around amalgam restorations by bonding amalgam to tooth structure. Oper Dent 14:142-148, 1989
25. B. N. Edgren, G. E. Denehy:Microleakage of amalgam restorations using amalgambond and copalite. Am J Dent 5:296-298, 1992
26. D. G. Charlton, B. K. Moore, and M. L. Swartz:In vitro evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restorations. Oper Dent 17:112-119, 1992
27. R. L. Cooley, E. Y. Tseng and W. W. Barkmeier:Dentinal bond strengths and microleakage of 4-META adhesive to amalgam & composite resin. Quint Int 22:979-983, 1991
28. Charlton, Murchison and Moore:Incorporation of adhesive liners in amalgam:effect on compressive strength & creep. Am J Dent 4:184-188, 1992
29. P. L. Millstein, G. H. Naguib:Effect of two resin adhesives on mechanical properties of set amalgam. J Prosthet Dent 74:106-109, 1995
30. D. W. Boston:Adhesive liner incorporation in dental amalgam restorations. Quint Int 28:49-55, 1997
31. E. J. Swift Jr., B. C. Cloe:Shear bond strengths of new enamel etchants. Am J Dent 6:162-164, 1993
32. Y. Okamoto, T. Horibe:Liquid gallium alloys for metallic plastic fillings. Br Dent 170:23-26, 1991
33. F. M. Blair, J. M. Whiworth and J. F. McCabe:The physical properties of a gallium alloy restorative material. Dent Mater 11:277-280, 1995
34. L. K. Mash et al.:Handling characteristics of a gallium alloy triturated with alcohol. Am J Dent 199-202, 1997
35. Y. Momoi et al.:A suggested method for mixing direct filling restorative gallium alloy. Oper Dent 21:12-16, 1996
36. J. W. Osborne, J. B. Summitt:Mechanical properties and clinical performance of a gallium restorative material. Oper Dent 20:241-245, 1995
37. Y. Oshida, B. K. Moore:Anodic polarization behavior and microstructure of a gallium-based alloy. Dent Mate 9:234-241, 1993
38. M. Navarro et al.:Clinical evaluation of gallium alloy as a posterior restorative material. Quint Int 27:315-320, 1996
39. J. W. Osborne, J. B. Summitt:2-year clinical evaluation of a gallium restorative alloy. Am J Dent 9:191-194, 1996
40. J. C. Broome et al.:Dimensional change of a gallium alloy under varying conditions. J Dent Res 74:103 Abstract 735, 1995
41. M. Kaga et al.:Gallium alloy restorations in primary teeth. JADA 127:1195-1201, 1996