

아말감과 갈륨알로이의 미세 변연 누출에 관한 비교 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

김정욱

Abstract

A COMPARATIVE STUDY ON THE MICROLEAKAGE OF THE AMALGAM AND GALLIUM ALLOY

Jung-Wook, Kim, D.D.S., M.S.D.

*Department of Pediatric Dentistry and Dental Research Institute
College of Dentistry, Seoul National University*

The purpose of this study was to compare the microleakage of the amalgam and the gallium alloy when several lining materials were applied. The ANA 2000, high copper lathe-cut type amalgam(AM group) and Gallium Alloy GF II (GF group) were used.

The fifty extracted sound molars were randomly assigned to AM group and GF group, and the buccal and lingual class V cavities with a size 3x2x2mm were prepared. The prepared cavities were randomly assigned to group 1:no liner used control, group 2:Copalite, group 3:Panavia 21, group 4:All-bond 2, and group 5:Superbond C&B. After liner placement and amalgam filling, the specimens were stored in 37°C normal saline for 24 hours and then thermocycled from 5°C to 55°C thousand times. The specimens were stored in the 1% methylene blue solution for 24 hours and sectioned and examined by stereomicroscope.

The results obtained from this study can be summarized as follows:

1. In the GF group, microleakage values of group 2, 3, 4, 5 were significantly lower than that of group 1 ($p < 0.05$).
2. In the AM group, microleakage values of group 3 and 4 were significantly lower than that of group 1 ($p < 0.05$), but microleakage values of group 2 and 5 did not differ from that of group 1 ($p > 0.05$).

3. The GF group was similar(group 1, 3, 4) or superior(group 2, 5) to the AM group in the aspect of the microleakage.

Key words : microleakage, amalgam, gallium alloy

I. 서 론

15세기 혹은 그 이전부터 아말감이 치아우식증의 수복재료로서 사용된 이래, 조작이 간편하고 수명이 길며 생체적합성이 우수하고 특히 한번의 약속으로 행해질 수 있는 비교적 값싼 수복재료로서 가장 보편적으로 사용되어 왔고, 또한 현재까지 구치부 수복에 널리 사용되고 있다¹⁾.

그러나 아말감은 치질에 접착되지 않아서 유지형태를 부여하기 위해 상당량의 건전치질을 사제하게 되어 덜 보존적이고 파절의 위험성이 증가하게 되며, 와동벽과 아말감사이의 미세누출현상으로 인해 세균과 세균산물, 타액과 이온 등의 침투로 인한 아말감의 변연파절, 인접법랑질의 이차우식증, 치수 자극 및 치수손상 그리고 변연부 변색 등을 초래할 수 있다.

미세누출을 감소시키고 술후 민감증을 줄이기 위해 copal varnish를 사용해 왔는데, 이는 초기 변연누출을 효과적으로 줄일 수 있지만, 아말감이나 치질과 화학적으로 결합하는 것이 아니라 단지 치질과 아말감 사이의 공극을 막아주는 역할만을 할뿐이며 시간이 지남에 따라 점차 용해되어 미세누출이 일어나게 된다²⁾.

이런 copal varnish의 단점을 없애고, 아말감을 치아에 접착시켜서 좀더 보존적인 와동을 형성하면서도 미세누출을 줄이기 위해 상아질 접착제를 아말감 이장재로 사용하는 연구들이 최근 활발히 이루어지고 있다. Edgren과 Denehy³⁾는 Amalgambond 사용시 Copalite를 이장재로 사용한 것에 비해 미세누출이 매우 감소하였음을 보고하였고, Ben-Amar 등⁴⁾은 Amalgambond 사용시 1년까지 경과 시에도 이장재를 사용하지 않았거나 Copalite를 사용한 경우보다 매우 낮은 미세누출양상을 보인다고 하였다. Staninec과 Holt⁵⁾는 Panavia EX를 상아질접착제로 사용하여 높은 결합강도와 낮은 미세누출을 보고하였고, 국내에서는 금 등⁶⁾, 김 등⁷⁾의

연구에서 상아질 접착제를 사용할 때 미세누출이 현저히 감소함을 보고하였다.

한편, 아말감에 포함되어 있는 수은에 대해서 우려와 논란이 계속되고 있다. 환자의 경우 아말감 충전시, 저작시, 그리고 아말감 제거시 수은에 노출되기는 하지만, 그 과정이 매우 짧고, 또한 그 양이 매우 적어서 전체 수은 흡수량에서 차지하는 비중이 10%이하로 안전하다고 하지만⁸⁾, 치과의료진의 경우는 지속적으로 수은에 노출되어 있다고 하겠다. 수은은 상온에서 기화되며 눈물방울 정도의 양으로도 평균 크기의 치과진료실을 포화상태로 만들 수 있으며, 포화상태가 되면 최대허용안전기준치($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ air)의 400배인 $20\text{mg}/\text{m}^3$ air 정도가 된다고 한다⁹⁾. 비록 치과의료진의 경우에도 혈중 수은 농도나 뇨중 수은 농도가 일반인에 비해 높기는 하나, 어떤 특이질병이나 사망원인 등에서 일반인과의 차이가 없었고 따라서 안전하게 생각된다고 하였지만¹⁰⁾, 아직도 이에 관한 우려나 염려가 없어진 것은 아니다. 또한 환경오염측면에서도 수은은 관심과 우려의 대상이 되고 있다^{10,11)}.

이런 우려와 논란 속에서 아말감의 장점을 가지면서도 수은을 사용하지 않는 대체물에 관한 연구가 계속되어 왔는데, 1826년 처음으로 수은대신 갈륨의 사용이 제안되었고¹²⁾, 그 뒤 여러 가지 실험적인 갈륨알로이에 대한 보고가 계속되어 왔고^{13,14)}, 1991년 일본에서 Gallium alloy GF라는 상품이 시판되기 시작하였다¹⁵⁾. 이것에 대한 연구결과 경화 시간이나 강도 등은 아말감과 유사하거나 더 우수하지만^{16,17)}, 부식에 취약하다고 알려져 있으나¹⁸⁻²⁰⁾, Kaga 등¹⁵⁾은 유치의 경우 수은의 사용을 피하고자 할 때 고려할 수 있는 수복재료라고 하였다.

최근 Gallium alloy GF의 물성을 개선시킨 Gallium alloy GF II가 개발되어 시판되고 있는데, 이에 대한 연구보고는 거의 이루어지지 않았다. 이에 저자는 아말감수복에서 미세누출을 줄이기 위해 사용되는 Copalite와 수 중의 상아질 접착제를

Gallium alloy GF II와 아말감의 이장재로 사용하여 V급 와동을 충전한 뒤 변연폐쇄효과를 stereomicroscope를 이용하여 비교 관찰한 후 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

성별에 관계없이 우식증이 없는 성인 구치 50개를 선택하여 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거하고 실온의 생리 식염수에 보관한 후 실험치아로 사용하였다.

충전재로는 Gallium alloy GF II(Tokuniki Honten, Tokyo, Japan)와 고동 절삭형 아말감인 ANA 2000(Nordiska Dental AB, Helsingborg, Sweden)을 사용하였다. 이장재로는 Copalite(Cooley & Cooley, Texas, U.S.A.)를 사용하였고, 상아질접착제로는 Panavia 21(Curaray Co., Osaka, Japan), All-bond 2(Bisco Dental Products, U.S.A.), Superbond C&B(Sun Medical Co., Japan)를 사용하였고, 가시광선 조사기구는 Curing Light XL3000(3M dental product, U.S.A.)을 사용하였다.

2. 연구방법

고속 엔진용 #330 carbide bur(SS White)를 이용하여 치아의 협면과 설면의 중앙에 가로 3mm, 세로 2mm, 깊이 2mm의 V급 와동을 형성후 물로 깨끗이 세척한 후 건조시켰다. Bur는 매 10개의 와동 형성시마다 새 것으로 교체하였다. 와동이 형성된 치아를 무작위로 25개씩 나누고 아말감 충전 전에 제조회사의 지시에 따라 접착제 처리후, 각 군당 10개의 와동을(협면과 설면의 와동 각 5개씩) Gallium alloy GF II(GF군)와 ANA 2000(AM군) 아말감으로 충전하였다.

제1군:No liner group

대조군으로서 이장재가 없이 충전하였다.

제2군:Copalite group

Copalite를 와동벽 및 와동저에 부드러운 붓으로 1회 도포후 30초간 건조하고 다시 1회 더 도포후 30초간 건조시킨 후 충전하였다.

제3군:Panavia 21 group

산부식없이 ED primer A와 B를 동량으로 섞어

서 와동에 바르고 1분간 그냥 둔 다음, 약한 바람으로 건조시키고, paste A와 B를 섞어서 도포후 즉시 충전하였다.

carving후 Oxyguard II를 도포하여 산소에 의한 이장재의 중합방해를 막아주었다.

제4군:All-bond 2 group

와동을 10% 인산으로 15초간 산처리한 후, 30초간 물로 세척, 건조하고 primer A와 B를 혼합하여 와동의 법랑질 및 상아질 표면에 광택이 날 때까지 3-5회 도포하고 5초간 건조시킨 후 bonding resin을 법랑질과 상아질에 도포하고 20초간 광조사후 충전하였다.

제5군:Superbond C&B group

녹색의 10-3 산부식액을 법랑질에만 30초간 적용시킨 뒤 상아질에도 함께 적용하여 5초 경과후 세척 건조하고, monomer와 catalyst를 4:1로 혼합하여 와동에 도포후 이장재가 굳기 전에 즉시 충전하였다.

충전이 끝난 후 carving과 burnishing을 시행하고 24시간동안 37°C 생리식염수에 보관한 뒤, 충전물 주위 2mm를 제외한 전 치아 표면을 nail varnish로 2회 도포하고, 각각 5°C와 55°C에서 각각 30초간의 계류시간을 주어 1000회의 thermocycling을 시행하였다. 그 뒤 1% methylene blue 용액에 24시간동안 담그어 두었다.

이후 흐르는 물에 염색용액을 세척한 후 치근을 분리하고 치아를 협설면으로 절단한 후 각각 투명 레진에 매몰하였다. 치아 장축에 평행하게 수복물의 중심부위를 지나도록 diamond microtome(Isomet™, Buehler, Illinois, U.S.A.)을 사용하여 절단하고, 절단면을 회전연마기구에서 Sic #800까지 연마하였다.

색소침투정도를 stereomicroscope(Olympus Optical Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 30배의 배율로 관찰하고 다음의 기준에 따라 점수를 주어 미세누출의 정도를 평가하였다. 동일 시편에서 교합면쪽과 치은면쪽의 값이 다른 경우는 큰 값을 선택하였다.

0:색소침투가 전혀 없는 경우

1:색소침투가 와동깊이의 1/2미만인 경우

2:색소침투가 와동깊이의 1/2이상이나 와동깊이의 2/3미만인 경우

3:색소침투가 와동깊이의 2/3이상이나 와동저를

침범하지 않은 경우

4:색소침투가 와동저를 침범한 경우

통계처리는 군간비교에는 일원분산분석과 사후검정(Duncan's test)을, GF군과 AM군의 비교에는 Mann-Whitney U test를 이용하였다.

III. 연구결과

각 군별 염색용액침투정도는 다음과 같다(Table 1, Fig. 1).

GF군의 경우 대조군과 비교시 모든 군에서 미

세누출이 유의하게 감소했고($p < 0.05$), 2군 3군 4군 5군 사이에는 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 2).

AM군의 경우에는 대조군과 비교시 3군과 4군에서 미세누출이 유의하게 감소하였으나($p < 0.05$), 2군과 5군과는 차이가 없었다($p > 0.05$). 5군은 2군에 비해 유의하게 미세누출이 낮았으나, 3군과 4군에 비교시는 유의하게 미세누출이 높았다($p < 0.05$)(Table 3).

GF군과 AM군의 비교에서는 GF군이 2군과 5군에서 유의하게 낮은 미세누출을 보였다($p < 0.05$)(Table 4).

Table 1. Dye penetration score

group	Degree of dye penetration										Mean \pm S.D.	
	GF					AM					GF	AM
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
1	0	1	3	1	5	0	1	0	6	3	3.00 \pm 1.15	3.10 \pm 0.88
2	0	4	5	0	1	0	0	1	0	9	1.80 \pm 0.92	3.80 \pm 0.63
3	0	6	4	0	0	0	5	5	0	0	1.40 \pm 0.52	1.50 \pm 0.53
4	0	7	3	0	0	1	4	4	0	1	1.30 \pm 0.48	1.60 \pm 1.08
5	1	6	2	1	0	0	2	3	2	3	1.30 \pm 0.82	2.60 \pm 1.17

Table 2. The comparison between groups in the GF group

group	1	2	3	4	5
1					
2	*				
3	*				
4	*				
5	*				

*:significant difference($p < 0.05$)

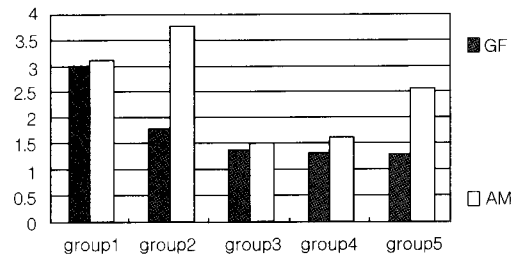


Fig. 1. Degree of dye penetration

Table 3. The comparison between groups in the AM group

group	1	2	3	4	5
1					
2					
3	*	*			
4	*	*			
5		*	*	*	

*:significant difference($p < 0.05$)

Table 4. Comparison between GF and AM group

group	1	2	3	4	5
GF					
AM		*			*

*:significant difference($p < 0.05$)

IV. 총괄 및 고찰

아말감이 치질에 접착되는 재료가 아니기 때문에 수복물과 외동변연부사이의 접촉계면에서 변연누출을 보이게 된다. Mertz-Fairhurst와 Newcomer²¹⁾는 고동혼합형 아말감인 Dispersalloy로 I 급 외동수복후 주사전자현미경으로 관찰한 결과 외동과 아말감 사이에 평균 13 μ m(3-46 μ m)의 간격이 존재함을 보고하였다. 이런 공간을 통해서 구강내 타액, 이온, 세균, 세균산물 등이 침투하게 되는데, 이를 미세변연누출이라 하며, 이차우식증, 치수 자극 및 치수 손상, 변연부 변색 등을 초래할 수 있다.

미세누출 측정법으로는 색소침투법⁶⁷⁾, 방사선 동위 원소법²²⁾, 공기압력^{23,24)}, 전자현미경²¹⁾, 박테리아²⁵⁾ 등이 있으며, 이중 유기색소를 이용하는 방법이 수복물주위의 미세누출을 평가하는 간편한 방법으로 널리 사용되고 있다.

아말감의 미세누출은 입자조성, 가소성(plasticity), 열팽창계수의 차이, 충전방법, 충전압, bur-nishing, 교합압 등에 영향을 받게 된다^{26,27)}.

Mahler와 Nelson²³⁾은 구형아말감이 절삭형이나 혼합형보다 큰 미세누출을 보이며, 이는 외동벽과의 접촉면에서 더 거친 입자구조에 기인한다고 하였다. 본 실험에 사용한 ANA 2000은 고동 절삭형 아말감으로서 Mahler와 Bryant²⁰⁾의 연구에 의하면 다양한 종류의 고동아말감을 비교시 미세누출이 매우 낮았다고 하였다. 그러나 그들의 실험에서는 공기압력측정법을 사용하였고, thermocycling을 시행하지 않았다. 본 연구 결과에서는 평균 3.1정도의 염색용액침투 정도를 보였으며, GF군과 유사한 정도의 미세누출을 보이는 것으로 나타났다.

아말감의 초기변연누출과 술후 민감증을 줄이기 위해 copal varnish를 사용해왔는데, 이는 gum copal, 합성레진 및 rosin을 유기용매에 녹인 것이며, Ben-Amar 등은 2회 도포가 1회 도포보다 효과적으로 미세누출을 줄일 수 있으며²⁸⁾, 도포후 30초씩 충분히 건조될 시간을 주어야 한다고 하였다²⁹⁾.

재래식 저동 아말감은 부식에 취약한 γ 상을 가지고 있고, 부식산물들이 시간경과에 따라 수복물주위의 변연누출을 감소시켜주는 반면, 고동아말감은 구리의 양이 증가되어 부식에 대한 저항성이 크고 부식산물의 축적이 느려서 이장재의 사용이

필수적이라 하였다³⁰⁾. 그러나 Powell과 Daines³¹⁾는 시간이 지남에 따라 varnish의 용해가 일어나는데, 고동아말감의 경우는 부식산물이 완전히 형성되기 전에 용해가 일어나게 되어 미세누출이 증가한다고 하였으며, Smith 등³²⁾은 고동아말감에는 varnish를 사용해서는 안된다고 하였다.

본 실험에서 GF군의 경우에는 Copalite도포시 미세누출이 유의하게 감소하였으나($p < 0.05$), AM군에서는 control군과 비교하여 유의차는 없었지만 오히려 미세누출이 더 높게 나타났는데, 이는 경화시 체적변화와 열팽창계수의 차이로 인해 AM군에서 Copalite의 용해나 부분적인 파괴가 thermocycling 과정을 통해 더 쉽게 일어났던 것으로 생각된다.

최근에는 상아질접착제를 아말감의 이장재로 사용하는 연구가 많이 있었는데, 이는 치질과 아말감의 결합을 유도하여 좀더 보존적인 외동을 형성할 수 있게 해주며, 또한 변연부를 밀폐함으로써 미세누출을 줄일 수 있다.

본 연구에 사용된 재료를 살펴보면 Panavia 21의 ED primer에는 HEMA(2-hydroxyethyl methacrylate), MDP(10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate), 5-NMSA(N-methacryloyl 5-aminosalicylic acid)가 접착성분으로 포함되어 있다²²⁾. 삭제되지 않은 법랑질의 경우에만 산부식을 요구하며, 형성된 외동 등에는 산부식처리를 하지 않는다.

All-bond 2는 10% 인산으로 상아질을 부식시키며, NTG-GMA(N-Tolyglycine Glycidyl Methacrylate)와 BPDM(Biphenyl Dimethacrylate)의 primer를 가지며 용매로 에탄올과 아세톤을 사용한다³³⁾.

Superbond C&B는 10-3 용액을 상아질처리제로 사용하는데, 여기에는 10%의 구연산과 3%의 ferric chloride가 포함되어 있고, ferric chloride가 탈회부위의 교원섬유를 안정화시킨다고 알려져 있다³⁴⁾. Primer없이 monomer(MMA, 4-META)와 catalyst(TBB)를 4:1로 혼합하여 사용한다.

Cooley 등³⁵⁾과 Edgren과 Denehy³⁾는 Amalgambond 사용시 Copalite에 비해 미세누출이 현저히 감소했다고 하였으며, Ben-Amar 등⁴⁾은 Amalgambond 사용후 1년까지 경과시에도 이장재를 사용하지 않았거나 Copalite를 사용한 경우보다 매우 낮은 미세누출을 보인다고 하였다. 또한 Berry 등³³⁾과

Turner 등³⁶⁾은 수종의 상아질 접착제를 사용한 연구에서 레진접착제를 사용하는 것이 미세누출을 감소시켜서 이차우식증과 술후 민감증을 줄이는데 효과적이라고 하였다.

반면에, Mahler 등³⁷⁾은 Panavia 21 사용시 1-2주 후의 술후 민감증과 1년 뒤의 변연부 파절 등에서 비접착 수복군과 차이가 없다고 하였고, Newman 등³⁸⁾은 Amalgambond 사용시 20일간 물에 보관하고 thermocycling시킨 뒤 Copalite도포군과 미세누출에서 차이가 없었음을, Saiku 등³⁹⁾은 30일간 물에 보관하고 thermocycling시킨 뒤 미세누출이 매우 증가함을 보고하였다. 또한 Moore 등⁴⁰⁾은 Amalgambond와 Copalite를 사용하여 1주, 6개월, 1년 뒤의 미세누출비교에서 Copalite군은 6개월에 미세누출이 증가하였다가 1년후에 감소하고, Amalgambond군은 6개월까지는 미세누출이 낮았다가 1년째 증가하여 결국 1년뒤에는 두 군간의 차이가 없었다고 하였다.

Bonilla와 White⁴¹⁾는 Amalgambond 사용시 나타나는 접착효과가 4주간 물에 보관하고 thermocycling시킨 경우나 500일간 물에 보관한 경우 모두에서 Copalite도포군과 차이가 나지 않았다고 보고하였다. 즉 접착효과는 일시적이며, 이는 레진이 가수분해되어 결합층이 파괴되기 때문에 나타나는 현상이라고 하였는데, Nakabayashi 등⁴²⁾은 장기간 물에 보관한 후 4-META 접착의 파괴는 하이브리드층의 상아질과 변화되지 않은 상아질사이에 있는 노출된 교원섬유의 띠에서 일어나며, 과도하게 탈회된 상아질과 단량체가 상아질내로 충분히 들어가지 못한 약한 상아질층은 레진에 의해 보호받지 못하고 분해가 일어나기 쉽다고 하였다. 또한 McComb 등⁴³⁾은 All-bond 2를 이용한 연구에서 교합압에 의해서 접착 아말감의 치질강화효과가 매우 감소했다고 보고하였다.

본 실험에서는 각각 1군과 비교하여 GF군의 경우에는 3군, 4군, 5군에서, AM군의 경우에는 3군과 4군에서 유의하게($p < 0.05$) 미세누출이 감소하였다. 그러나 AM군의 경우 Superbond C&B를 이장재로 사용한 5군은 1군과 비교하여 유의차가 없었는데($p > 0.05$), 사용지시서에는 상아질과 법랑질의 산부식과정에서 각기 다른 용액을 사용하거나 또는 녹색의 10-3 용액을 사용할 때에는 법랑질에

만 더 오래 부식할 것을 요구하는데, 이 과정에서 법랑질과 상아질에 정확히 구분해서 적용시킨다는 것이 매우 어렵고 따라서 법랑질에서는 산부식이 부족하고 상아질에서는 과도한 탈회가 일어났을 가능성이 있고 이러한 부분이 취약한 부위로 남게되어 thermocycling과정에서 경화시 체적변화와 열팽창계수차이에 의한 효과를 배가시켜 결합부의 파괴를 초래하였던 것으로 생각된다.

1826년에 수은대신 갈륨의 사용이 제안되었으나¹²⁾ 만족할만한 성과를 거두지 못하다가, 1956년 Smith 등^{13,14)}은 개선된 palladium-gallium과 gold-gallium 알로이의 물리적 기계적 특성이 아말감과 유사하거나 더 우수하다고 보고하였다. Waterstrat⁴⁴⁾은 gallium-palladium-tin 알로이가 아말감과 비교하여 압축강도, 인장강도는 더 높고, creep은 적고 열팽창계수는 치아와 더 유사하며, 변연폐쇄능력이 더 우수하다고 보고하였다. 또한 Saito와 Fusayama⁴⁵⁾는 치질에 접착력이 높고, 변연폐쇄능력이 아말감보다 우수하다고 보고하였다.

1986년 Horibe 등¹⁶⁾은 새로운 조성의 갈륨알로이를 발표하였고, 1991년 일본정부가 사용을 승인하여 Gallium alloy GF(Tokuriki Honten, Tokyo, Japan)가 시판되기 시작하였다¹⁵⁾. Gallium alloy GF는 분말에 Ag 50%, Sn 25.7%, Cu 15%, Zn 0.3%, Pd 9%가, 액상에 Ga 65%, Sn 16%, In 18.95%, 기타 0.05%가 포함되어 있으며, 분액비는 $1:0.5 \pm 0.05$ 로 되어 있고, 구상형분말이다. 최근 새로 개발된 GF II는 이전의 낮은 부식저항성을 개선시킨 것이라고 하는데, 분말은 Ag 60%, Sn 25%, Cu 13%, Pd 2%로 조성이 바뀌었으나 액상은 그대로이다. 경화팽창을 나타내며 그 양은 $10 \mu\text{m}/\text{cm}$ 라고 한다.

아말감과 비교하여 creep이 낮고, 초기경화가 빠르며, 압축강도 및 인장강도 등이 아말감과 유사하거나 우수하다고 보고되었다^{16,17)}.

Masuhara 등^{46,47)}은 급성 및 아급성 세포 독성 실험에서 큰 문제가 없었으며, 치수 자극성은 고동 아말감과 유사하거나 더 적다고 보고하였다. Li 등⁴⁸⁾은 mutagenic하지 않고 세포독성도 아말감과 비슷하다고 하였다. 또한 Kaga 등⁴⁹⁾은 아연을 포함하지 않는 Spherical D와 아연을 포함하는 Dispersalloy와의 비교에서 Dispersalloy의 세포 독성

이 Gallium alloy GF나 Spherical D의 2배 정도이며, 이는 구리와 아연의 세포독성이 가장 높는데 기인한다고 하였고, Psarras 등⁵⁰⁾은 수종의 아말감과 비교시 큰 차이가 없었다고 하였다.

그러나, Wataha 등⁵¹⁾은 Dispersalloy는 아연 방출이 최고인 때에 세포독성이 매우 강하다가, 48-72 시간 사이에 아연방출이 줄어들면서 독성도 감소하지만, Gallium alloy GF는 잠재적이고 지속적인 갈륨의 방출과 연관되어 세포독성이 증가하며, 이는 gold-gallium이 심한 이물반응을 야기시켰다는 Lyon 등의 보고⁵²⁾와 일치한다고 하였다.

Gallium alloy GF는 특유의 접착성질 때문에 PTEE(Polytetrafluoroethylene)로 코팅된 특수기구를 사용하는 것이 권장되는데, 이를 사용해도 다루기 힘들다고 보고되었으나^{17,53,54)}, 연화전에 소량의 알콜을 첨가함으로써 물성변화는 거의 없이 조작성이 매우 개선된다고 한다⁵⁵⁻⁵⁷⁾.

많은 보고¹⁸⁻²⁰⁾에서 Gallium alloy GF가 부식에 매우 취약하다고 하였는데, Kaga 등¹⁵⁾은 유구치 I 급과 V 급 외동에 충전후 1년뒤의 관찰에서 상당량의 부식이 일어났기는 하지만, 유치의 경우 수은사용을 피하고자 할 때 고려할 수 있는 수복재료라고 하였다. 그러나, Navarro 등⁵⁸⁾은 수복 8개월 뒤에 변색과 부식 이외에도 수복물파절, 치아파절, crack, 변연부위 범랑질 탈회, 지속적인 슬후민감 증후소 등으로 인해 임상적으로 적합하지 않은 재료라고 하였고, Mahler⁵⁹⁾는 이를 근거로 일본에서의 갈륨알로이의 사용을 비난하기까지 하였다. 그러나 Kaga⁶⁰⁾는 일본에서의 보고에서는 슬후 민감증이 없었으며, Navarro의 연구가 과장된 면이 있는 것 같다고 하였고, galvanic current의 작용이 있었을 수도 있다고 하였다.

Kawakami와 Staninec⁶¹⁾은 미세누출 실험결과 유의차는 없으나 Gallium alloy GF가 아말감보다 약간 적은 미세누출을 나타내었고, 상아질접착제를 사용할 때 두 경우 모두 미세누출이 상당히 개선됨을 보고하였다. 또한 Eakle 등⁶²⁾은 아말감과 Gallium alloy GF비교시 결합력에서 차이가 없음을 보고하면서 수는 allergy나 수는 공포증 환자에 사용될 수 있다고 하였다.

본 연구결과 GF군은 Copalite도포나 수종의 상아질 접착제 사용시 이장재를 사용하지 않았을 때

보다 유의하게 낮은 미세누출을 보였고($p<0.05$), AM군과 비교하여 1군, 3군, 4군에서는 유사한 정도의 미세누출을 보였고, 2군과 5군에서는 유의하게 낮은 미세누출을 보였다($p<0.05$). 결국 미세누출의 측면만 본다면 고동아말감과 대등하거나 좀더 우수한 것으로 나타났는데, 이는 약간의 경화 팽창과 좀더 치아에 유사한 열팽창계수에 기인하는 것으로 여겨진다. 그러나 직접수복재료로서 아말감을 대체하여 사용하기에는 아직 연구결과가 부족하며, 장기간 경과후의 미세누출과 문제시되어 왔던 부식성향에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한 미세누출을 평가하는 방법 및 실험조건이 연구마다 각각 상이하여 서로 비교가 곤란하고, 실험조건들이 실제 구강내에서의 상황을 적절히 반영하는 지도 의문시되어 적절한 실험 방법과 절차의 개발이 필요하고 이를 통한 연구의 표준화가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

아말감의 대체물로 최근 시판되고 있는 Gallium alloy GF II의 미세누출정도를 고동 절삭형 아말감인 ANA 2000과 비교하기 위하여 건전 발거 대구치 50개의 협설면에 V급 외동을 형성한 후 이장재 종류에 따라 5개의 군으로 분류하고 각각 제조자의 지시에 따라 이장재를 도포 후 Gallium alloy GF II와 아말감으로 수복하였다. 모든 시편을 37°C 생리식염수에 24시간 보관한 후 5°C와 55°C에서 각각 30초간의 계류시간을 주어 1000회의 thermocycling을 시행하였으며, 1% methylene blue 용액에 24시간동안 담그어둔 뒤 수복물을 절단하여 stereomicroscope로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. GF군내에서 1군과 비교시 2군, 3군, 4군, 5군 모두 유의하게 낮은 미세누출정도를 보였다($p<0.05$)
2. AM군내에서 1군과 비교시 3군과 4군은 미세누출이 유의하게 감소하였으나($p<0.05$), 2군과 5군은 1군과 비교시 차이가 없었다($p>0.05$).
3. GF군은 AM군과의 비교시 미세누출정도가

비슷하거나(1군, 3군, 4군) 낮았다(2군, 5군).

참고문헌

1. Baum L., Phillips R. W., and Lund M. R.: Textbook of operative dentistry. 3rd edition, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 291-293, 1995
2. Liberman R., Ben-Amar A., Nordenberg D., and Jodakin A.: Long-term sealing properties of amalgam restorations: An in vitro study, *Dent Mater*, 5:168-170, 1989
3. Edgren B. N. and Denehy G. E.: Microleakage of amalgam restorations using Amalgambond and Copalite, *Am J Dent*, 5:296-298, 1992
4. Ben-Amar A., Liberman R., Rothkoff Z., and Cardash H. S.: Long term sealing properties of Amalgambond under amalgam restorations, *Am J Dent*, 7:141-143, 1994
5. Staninec M. and Holt M.: Bonding of amalgam to tooth structure - tensile adhesion and microleakage tests, *J Prosthet Dent*, 59:397-402, 1988
6. 금기연, 이찬영, 박동수, 이정석, 이승중: 수종의 접착성 레진 이장재의 미세변연누출에 관한 전자현미경적 연구, *대한치과의사협회지*, 32:654-665, 1994
7. 김종태, 최병재, 이재호, 이종갑: 유구치 아말감 수복물에서 레진 접착성 이장재의 미세 변연 누출에 관한 비교 연구, *대한소아치과학회지*, 23:401-413, 1996
8. Mandel I. D.: Amalgam hazards. An assessment of research, *JADA*, 122:62-65, 1991
9. McComb D.: Occupational exposure to mercury in dentistry and dentist mortality, *J Can Dent Assoc*, 63:372-376, 1997
10. Arenholt-Bindslev D.: Dental amalgam-environmental aspects, *Adv Dent Res*, 6:125-130, 1992
11. Fan P. L., Arenholt-Bindslev D., Schmalz G., Halbach S., and Berendsen H.: Environmental issues in dentistry-mercury. FDI Commission, *Int Dent J*, 47:105-109, 1997
12. Puttkammer A.: Mercury-free amalgam?, *Zahnaerztliche Rundschau*, 35:1450-1454, 1928 cited from Osborne J. W. and Summitt J. B.: Mechanical properties and clinical performance of a gallium restorative material, *Oper Dent*, 20: 241-245, 1995
13. Smith D. L. and Caul H. J.: Alloys of gallium with powdered metals as possible replacement for dental amalgam, *JADA*, 53:315-324, 1956
14. Smith D. L., Caul H. J., and Sweeney W. T.: Some physical properties of gallium-copper-tin alloys, *JADA*, 53:677-685, 1956
15. Kaga M., Nakajima H., Sakai T., and Oguchi H.: Gallium alloy restorations in primary teeth, *JADA*, 127:1195-1200, 1996
16. Horibe T., Okamoto Y., and Naruse S.: Gallium alloys for dental restorations - Part 1: Physical properties of gallium alloys, *J Fukuoka Dent Coll*, 12:198-204, 1986
17. Blair F. M., Whitworth J. M., and McCabe J. F.: The physical properties of a gallium alloy restorative material, *Dent Mater*, 11:277-280, 1995
18. Oshida Y. and Moore B. K.: Anodic polarization behavior and microstructure of a gallium-based alloy, *Dent Mater*, 9:234-241, 1993
19. Kaga M., Sakai T., and Oguchi H.: Corrosion of gallium alloy restoration in the oral cavity, *J Dent Res*, 74(AADR Abstracts):104 #737, 1995
20. Nakajima H., Woldu M., and Okabe T.: Mechanical properties of gallium alloy and amalgam after saline immersion, *J Dent Res*, 74(AADR Abstracts):103 #731, 1995
21. Mertz-Fairhurst E. J. and Newcomer A. P.: Interface gap at amalgam margins, *Dent Mater*, 4:122-128, 1988
22. Tangsgoolwatana J., Cochran M., Moore B. K., and Li Y.: Microleakage evaluation of bonded amalgam restorations: Confocal microscopy versus radioisotope, *Quintessence Int*, 28:467-477, 1997
23. Mahler D. B. and Nelson L. W.: Sensitivity answers sought on amalgam alloy microleakage study, *JADA*, 125:282-288, 1994
24. Mahler D. B. and Bryant R. W.: Microleakage of amalgam alloys: An update, *JADA*, 127:1351-

- 1356, 1996
25. Mortensen D. W., Boucher N. E., and Ruge G.: A method of testing for marginal leakage of dental restorations with bacteria, *J Dent Res*, 44:58-63, 1965
 26. Ben-Amar A.:Reduction of microleakage around new amalgam restorations, *JADA*, 119:725-728, 1989
 27. Mahler D. B. and Nelson L. W.:Factors affecting the marginal leakage of amalgam, *JADA*, 108:51-54, 1984
 28. Ben-Amar A., Liberman R., Bar D., Gordon M., and Judes H.:Marginal microleakage:the effect of the number of cavity-varnish layers and the type of amalgam used, *Dent Mater*, 2:45-47, 1986
 29. Ben-Amar A., Cardash H. S., and Liberman R.:Varnish application technique and microleakage of amalgam restorations, *Am J Dent*, 6:65-68, 1993
 30. Ben-Amar A., Cardash H. S., and Judes H.: The sealing of the tooth/amalgam interface by corrosion products, *J Oral Rehabil*, 22:101-104, 1995
 31. Powell G. L. and Daines D. T.:Solubility of cavity varnish:a study in vitro, *Oper Dent*, 12:48, 1987
 32. Smith G. A., Wilson N. H. F., and Combe E. C.:Microleakage of conventional and ternary amalgam restorations in vitro, *Br Dent J*, 144:69-73, 1978
 33. Berry F. A., Parker S. D., Rice D., and Munoz C. A.:Microleakage of amalgam restorations using dentin bonding system primers, *Am J Dent*, 9:174-178, 1996
 34. 김태성, 김종수, 김용기:Amalgambond liner의 도포가 amalgam 수복재의 변연누출과 유지력에 미치는 영향에 관한 연구, *대한소아치과학회지*, 23:800-814, 1996
 35. Cooley R. L., Tseng E. Y., and Barkmeier W. W.:Dentinal bond strengths and microleakage of a 4-META adhesive to amalgam and composite resin, *Quintessence Int*, 22:979-983, 1991
 36. Turner E. W., St. Germain H. A., and Meiers J. C.:Microleakage of dentin-amalgam bonding agents, *Am J Dent*, 8:191-196, 1995
 37. Mahler D. B., Engle J. H., Simms L. E., and Terkla L. G.:One-year clinical evaluation of bonded amalgam restorations, *JADA*, 127:345-349, 1996
 38. Newman Jr J. E., Hondrum S. O., and Clem D. B.:Microleakage under amalgam restorations lined with Coplaite, Amalgambond plus, and Vitrebond, *Gen Dent*, 44:340-344, 1996
 39. Saiku J. M., St-Germain H. A., Jr., and Meiers J. C.:Microleakage of a dental amalgam alloy bonding agent, *Oper Dent*, 18:172-178, 1993
 40. Moore D. S., Johnson W. W., and Kaplan I.:A comparison of amalgam microleakage with a 4-META liner and Copal varnish, *Int J Prosthodont*, 8:461-466, 1995
 41. Bonilla E. and White S. N.:Fatigue of resin-bonded amalgam restorations, *Oper Dent*, 21:122-126, 1996
 42. Nakabayashi N., Ashizawa M., and Nakamura M.:Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin, *Quintessence Int*, 23:135-141, 1992
 43. McComb D., Brown J., and Forman M.:Shear bond strength of resin-mediated amalgam-dentin attachment after cyclic loading, *Oper Dent*, 20:236-240, 1995
 44. Wateratrat R. M.:Evaluation of a gallium-palladium-tin alloy for restorative dentistry, *JADA*, 78:536-541, 1969
 45. Saito C. and Fusayama T.:Adhesive and sealing properties of gallium alloy, *J Dent Res*, 54:916, 1975
 46. Masuhara T., Nakamura Y., and Kuwashima H.:Study on toxicity of a new gallium alloy for dental restorations - acute oral toxicity test of gallium alloy in rats and mice, *J Dent Health*, 37:361-371, 1987
 47. Masuhara T., Nakamura Y., and Kuwashima

- H.:Study on toxicity of a new gallium alloy for dental restorations - subacute oral toxicity test of gallium alloy in rats, *J Dent Health*, 37:372-378, 1987
48. Li Y., Allen J., Noblitt T. W., Moore K., and Stookey G.:Cytotoxicity and mutagenicity of a gallium alloy, *J Dent Res*, 72(IADR Abstracts):163 #473, 1993
49. Kaga M., Sakai T., Fujita M., and Oguchi H.: Comparative cytotoxic evaluation of gallium alloy and amalgams in cell culture, *Pediatric Dent J*, 2:109-114, 1992
50. Psarras V., Wennberg A., and Derand T.: Cytotoxicity of corroded gallium and dental amalgam alloys, *Acta Odontol Scand*, 50:31-36, 1992
51. Wataha J. C., Nakajima H., Hanks C. T., and Okabe T.:Correlation of cytotoxicity with elemental release from mercury- and gallium-based dental alloys in vitro, *Dent Mater*, 10:298-303, 1994
52. Lyon H. W., Waterstrat R. M., and Paffenbarger G. C.:Soft tissue response to implants of gallium alloys and silver amalgam alloys, *JADA*, 72:659-664, 1966
53. Williams P.:Goodbye amalgam, hello alternatives?, *J Can Dent Assoc*, 62:139-144, 1996
54. Whitworth J. M. and Khan A. Q.:Marginal leakage of gallium alloy root-end filling:an in vitro assessment, *Inter Endodon J*, 28:194-199, 1995
55. Momoi Y., Asami Y., Ozawa M., and Kohno A.:A suggested method for mixing direct filling restorative gallium alloy, *Oper Dent*, 21:12-16, 1996
56. Yamashita T., Nakajima H., and Okabe T.: Physical and mechanical properties of gallium alloy trituration with alcohol, *J Dent Res*, 74(AADR Abstracts):103 #732, 1995
57. Mash L. K., Miller B. H., Nakajima H., Guo I. Y., and Okabe T.:Improved handling characteristics of a gallium alloy triturated with alcohol, *J Dent Res*, 74(AADR Abstracts):103 #733, 1995
58. Navarro M. F. L., Franco E. B., Bastos P. A. M., Teixeira L. C., and Carvalho R. M.:Clinical evaluation of gallium alloy as a posterior restorative material, *Quintessence Int*, 27:315-320, 1996
59. Mahler D. B.:Gallium alloy, *JADA*, 127:1700, 1996
60. Kaga M.:Gallium alloy, Author's response, *JADA*, 127:1700-1702, 1996
61. Kawakami M. and Staninec M.:Shear bond and microleakage tests of adhesive amalgam and gallium alloy restorations, *J Dent Res*, 71(AADR Abstract):111 #44, 1992
62. Eakle W. S., Staninec M., Yip R. L., and Chavez M. A.:Mechanical retention versus bonding of amalgam and gallium alloy restorations, *J Prosthet Dent*, 72:351-354, 1994

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 2. Dye penetration of degree 1

Fig. 3. Dye penetration of degree 2

Fig. 4. Dye penetration of degree 3

Fig. 5. Dye penetration of degree 4

사진부도

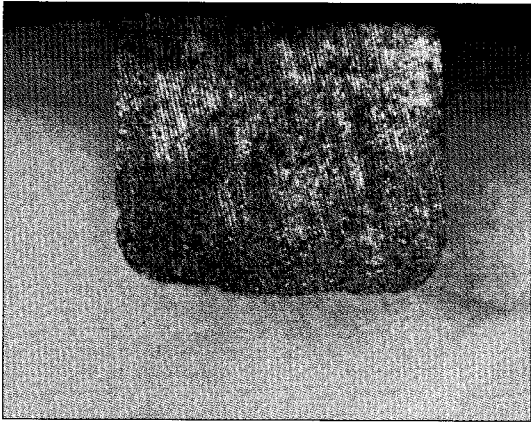


Fig. 2.

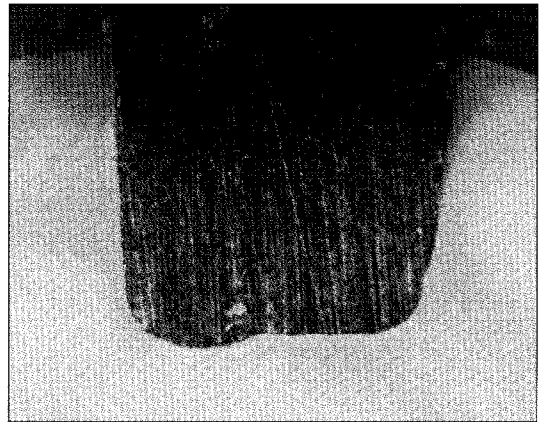


Fig. 3.

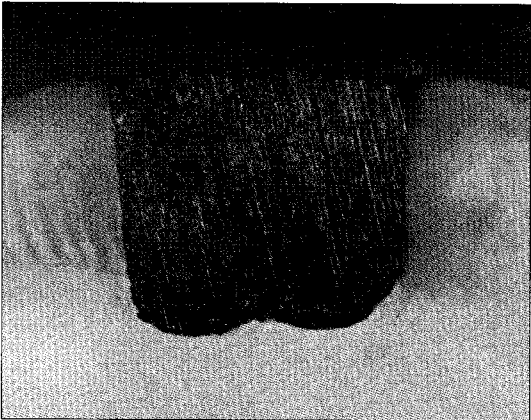


Fig. 4.

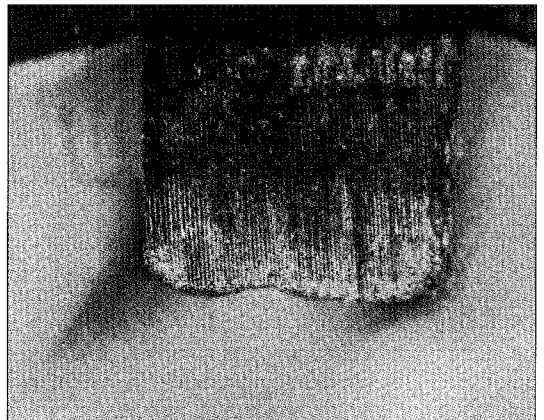


Fig. 5.