

Surface penetrating sealant가 치경부 수복물의 미세누출에 미치는 영향

김성원 · 조용범 · 홍찬의
단국대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

EFFECT OF SURFACE PENETRATING SEALANT ON THE MICROLEAKAGE OF CERVICAL RESTORATIONS

Sung-Won Kim, Yong-Bum Cho, Chan-Ui Hong

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

Despite the improvements in bond strengths of dentin adhesives and resin-modified glass ionomers, the marginal seal of cervical restorations remains a concern. Microleakage at poorly sealed margins can result in staining, post-operative sensitivity, pulpal irritation, and recurrent caries.

The objective of this study was to evaluate the effect of surface penetrating sealant (SPS) on the microleakage of cervical restorations.

45 extracted human teeth were selected, and Class V preparations were prepared on the both buccal and lingual surface of the teeth to the following dimensions : 1.5mm axially, 3mm mesiodistally, and 3mm incisogingivally.

After cervical restoration with composite resin, compomer, glass ionomer, each restoration was treated as three methods: No Tx., Scotchbond Multipurpose Adhesive®, Fortify®

The sections were examined with a stereomicroscope to determine the extent of microleakage at enamel and dentin margins.

The results of this study were as follows.

1. All groups showed some microleakage.
2. Gingival cavity wall with cementum margin showed significantly higher leakage value than occlusal cavity wall with enamel margin.
3. The group treated with SPS showed significantly lower leakage value than no treated group ($p < 0.05$).

But there is no difference between Fortify® and Scotchbond Multipurpose adhesive®.

The results of this study suggest that SPS are effective in reducing microleakage of class V restorations. But it is certain that some microleakage still occurred despite the application of SPS

Key words : Surface penetrating sealant, Microleakage, Cervical restoration

I. 서 론

치경부 병소는 우식증, 침식증, 마모증 등의 형태로 나타나며 최근에는 복합레진, 레진 강화형 글래스 아이오노머, compomer 등과 같은 재료의 개발에 힘입어 이 부위의 심미적 수복이 가능해 졌다. 이 재료들은 심미적인 장점은 가

지고 있으나 변연부 미세누출의 단점을 가지고 있기 때문에 임상적 성공여부는 수복물질의 미세누출의 정도에 달려있다.

Bauer와 Henson¹⁾은 미세누출을 bacteria, fluid, chemical substance, molecules이 치아와 수복물 사이를 통과하는 것이라고 정의하였는데 이는 치아의 변색, 재발성

우식, 치수염증, 심한 경우 치수괴사를 유발시키며 술 후 민감성의 한 원인이 되기도 한다.

복합레진은 심미성은 좋으나 낮은 마모저항성과 와동에의 부적절한 적합, 그리고 재료의 중합 수축등으로 인한 미세누출이 주된 문제점이다²⁾. 특히 중합수축은 와동벽과 수복물 사이에 형성된 결합에 응력을 가하여 변연부에 틈을 형성함으로써 미세누출을 일으키는 주된 원인이 된다³⁾.

초기에는 범랑질의 식각에 의해서만 치질에 대한 결합력을 얻었으나 현재는 상아질과 복합레진 사이의 결합을 증진시키려는 시도로 많은 상아질 접착제가 소개되었으며 이로 인해 치아구조와 수복물 간의 화학적 또는 기계적 결합이 형성되었다. 1990년에는 Oilo와 Olsson⁴⁾, 1991년에 Wang과 Nakabayashi⁵⁾가 제 3세대 상아질 접착제를 사용하여 상아질에 대한 결합력이 향상되었음을 보고하였다.

그럼에도 불구하고 여러 종류의 복합레진과 접착제를 이용한 실험에서는 5급 와동의 치경부 변연에서 중합수축에 의한 틈을 관찰 할 수 있었는데 이로써 복합레진의 중합수축은 상아질과 복합레진의 결합력에 부정적인 영향을 미칠 수 있다⁶⁾. 또한 복합레진은 치아보다 3~5배 정도 더 큰 열팽창계수를 갖기 때문에 중합수축 뿐만 아니라 이러한 열팽창 계수의 차이에 의해서도 변연적합도에 영향을 주게 된다^{7,8)}.

글래스 아이오노머는 치질에 대한 접착성, 불소유리, 생체 친화성, 낮은 중합수축, 상아질과 비슷한 열팽창계수 그리고 반응 후에도 자유 단량체가 잔존하지 않는 등의 특징을 갖는다⁷⁻¹⁰⁾. 그러나 낮은 전단강도와 높은 마모도, 복합레진과 비교하여 낮은 색채 안정성, 술식의 어려움, 수분에 대한 민감성 등의 단점을 가지고 있다.

이러한 단점을 해결하기 위해 글래스 아이오노머에 레진 성분을 첨가한 레진 강화형 글래스 아이오노머가 개발되었는데 글래스 아이오노머의 단점인 초기수분에 대한 민감성을 개선시켰고 압축, 인장, 결합 강도 등을 향상시켰으며 마모나 파절에 대한 저항성을 증진시켰다⁷⁾.

레진 강화형 글래스 아이오노머의 상아질에 대한 접착력 증가는 polyacrylic acid의 화학적 결합, 그리고 hydroxyethylmethacrylate(HEMA)의 혼성층 형성으로 이루어진다^{7,10)}. Wilson¹¹⁾에 의하면 글래스 아이오노머가 치아구조에 접착하는 기전은 치아-수복물 계면에서 이온의 교차 연결에 의해서 이루어진다고 하였으며, 이것은 TEM으로 확인되었다. 특히 Fuji II LC[®](GC Co., Japan)의 액은 대략 40%의 HEMA와 친수성 단량체를 함유한 primer를 가짐으로써 상아질과 수복물의 결합을 향상시키지만 첨가된 레진 성분으로 인해 글래스 아이오노머보다 높은 열팽창계수와 중합수축을 보이는데 이러한 부조화는 치아와 수복물 계면에 틈을 형성하게 된다⁷⁾.

Compomer는 복합레진 성분에 글래스 아이오노머 성분

을 혼합한 재료로 제조사에 의하면 레진 강화형 글래스 아이오노머보다 물리적 성질과 색채 안정성, 치질과의 결합력 등이 향상되었으며 글래스 아이오노머를 혼합할 때 기술적 문제점과 다루기 쉽지 않은 물성을 보완하기 위해 개발되었다¹⁰⁾.

이러한 세 가지 재료의 임상적 성공의 기준은 미세누출의 정도에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 최근에 새로운 상아질 접착제의 개발, 레진 강화형 글래스 아이오노머의 결합력 향상, 그리고 compomer의 개발에도 불구하고 여전히 상아질/백아질에서의 치경부 수복물의 변연봉쇄는 주요한 관심사로 남아있다.

근래에 많이 쓰이고 있는 수복물 표면 처리제인 surface penetrating sealant(이하SPS)는 복합레진의 표면에 남아 있는 반응하지 않는 methacrylate group과 반응하여 복합레진의 마모저항성과 변연적합도를 향상시킨다.

Dickinson 등¹²⁾은 SPS로 복합레진 수복물의 불완전한 면을 제거할 수 있다고 하였으며 복합레진으로 수복한 후 SPS로 처리한 표본을 SEM관찰 시 더 연속적인 계면을 보였고 SPS를 사용하지 않은 표본에서는 치아와 수복물 계면에서 틈을 관찰할 수 있었다고 하였다. SPS가 어느정도 미세누출을 감소시키느냐는 재료자체의 점조도와 치아와 수복물의 표면을 적시는 능력에 달려있다¹³⁾.

이에 본 연구에서는 치경부에 와동을 형성하고 복합레진, 레진 강화형 글래스 아이오노머, compomer를 이용하여 수복한 후 표면에 SPS를 처리하였을 때 미세누출에 미치는 영향을 비교하고 SPS 재료간의 차이를 평가함으로써 이를 임상에 적용해 보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험 재료

성별에 관계없이 우식증이나 충전물이 없고 파절이나 손상이 없는 발거된 지 한달이 경과하지 않은 45개의 제3대구치를 대상치아로 하였고 상아질의 교원질과 mineral 성분의 변화를 막기 위해 실온의 생리식염수에 보관하였다.

충전에 사용된 재료는 복합레진인 Z100[®](3M Co., USA), 레진 강화형 글래스 아이오노머인 Fuji II LC[®](GC Co., Japan), compomer인 F2000[®](3M Co., USA)을 사용하였으며 충전재료의 중합에는 가시광선 조사기구 Curing light XL 2500[®](3M Co., USA)을 사용하였다.

Surface penetrating sealant로 Scotchbond Multipurpose Adhesive[®](3M Co., USA)와 Fortify[®](Bisco Co., USA)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 와동 형성

고속 엔진용 No. 330bur를 이용하여 치아의 협, 설면에 5급 와동을 형성하였다. 와동은 높이 3mm, 근원심 폭이 3mm, 깊이는 1.5mm로 형성하였으며 CEJ가 와동 높이의 중앙에 위치하도록 설정하였다.

45개의 치아의 협, 설면에 와동을 형성하여 총 90개의 시편을 9개의 군으로 나누어 각 군마다 10개의 시편이 배정되도록 하였다.

2) 와동 충전 및 표면처리

Z100®(3M Co., USA)은 Scotchbond Multipurpose Etchant®로 20초간 적용한 후 수세 건조하고 Scotchbond Multipurpose Primer®로 전 처리 한 후 Scotchbond Multipurpose Adhesive®를 도포하여 20초간 광중합하였다. Z100®을 충전하여 40초간 광중합한 후 Sof-Lex disk®(3M Co., USA)를 이용하여 연마하였다.

Fuji II LC®(GC Co., Japan)는 Ketac conditioner®를 이용하여 20초간 치면 처리하고 수세 건조한 후 Fuji II LC®를 충전하여 40초간 광중합한 후 Sof-Lex disk®를 이용하여 연마하였다.

F2000은 Clicker®를 도포하고 30초간 기다린 후 oil free air로 건조시키고 20초간 광중합 한 후 F2000®을 충전하고 40초간 광중합하여 Sof-Lex disk®를 이용하여 연마하였다.

Table 1. 실험 재료

Products	Classification	Shade	Manufacturer
Z100®	Composite Resin	B3	3M Co., USA
Fuji II LC®	Resin modified GI	B3	GC Co., Japan
F2000®	Compomer	B3	3M Co., USA

Table 2. 실험군의 분류

Group	Products	수복후 표면처리	시편수
I		No treatment	10
II	Z100®	Scotchbond Multipurpose Adhesive®	10
III		Fortify®	10
IV		No treatment	10
V	Fuji II LC®	Scotchbond Multipurpose Adhesive®	10
VI		Fortify®	10
VII		No treatment	10
VIII	F2000®	Scotchbond Multipurpose Adhesive®	10
IX		Fortify®	10

수복 후 처리는 다음과 같다.

표면처리 하지 않는 군은 수복 후 1주일간 실온의 생리식염수에 보관하였다. Bonding agent로 표면 처리한 군은 수복물의 표면을 15초간 산 부식한 후 Scotchbond Multipurpose Adhesive®을 도포하고 20초간 광중합하여 1주일간 실온의 생리식염수에 보관하였다. Fortify®로 표면처리한 군은 수복물의 표면을 15초간 산 부식한 후 Fortify®를 도포하고 20초간 광중합하여 1주일간 실온의 생리식염수에 보관하였다.

3) Thermocycling

9개 군을 각각 분리하여 5℃ 와 55℃의 Thermocycling unit®(東京機緣, Japan)에서 각각 15초간 침적시키는 방법으로 총 500회의 thermocycling을 시행하였다.

4) 색소 침투

치근단을 통한 미세누출을 방지하기 위하여 치아의 치근단을 자가중합 레진으로 막는다. 수복물 주위의 1mm를 제외하고 내산성의 nail varnish를 2회 도포한 후 충분히 건조시킨 후 2시간동안 50%(무게비) 질산은 용액에 담근다. 37℃로 고정된 어두운 항온기에 보관하였다. 치아를 꺼내어 흐르는 물에 1분간 씻어내고 6시간 동안 형광빛 하에서 필름 현상액에 위치시킨 후 흐르는 물에 현상액을 씻어내고 37℃ 생리식염수에 보관하였다.

5) 시편 제작

치아 절단을 위해 교정용 레진(Dentsply, USA)을 이용하여 블록을 형성하였다. 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 Diawheel(SBT tech. Inc., USA)로 수복물의 정중부에서 협설 방향으로 절단하였다.

6) 미세누출의 평가

Stereomicroscope(SZ-ST®, Olympus, Japan)로 표본

Table 3. Microleakage Score

0	No marginal leakage
1	Silver nitrate penetration up to one-third of the cavity depth
2	Tracer penetraion from one-third to two-thirds of the cavity depth
3	Silver nitrate penetration greater than two-thirds of the cavity depth, but not involving the axial wall
4	Tracer penetration involving the axial wall

의 상아질/백아질부와 법랑질부의 미세누출을 20배로 관찰하였다.

미세누출의 점수는 Table 3과 같다.

7) 통계 분석

각 군에서 미세누출의 유의성을 검증하기 위해서 SPSS V10.0를 이용하여 통계처리하고 Mann-Whitney U test

Table 4. Microleakage at the occlusal cavity wall

군	score 0	1	2	3	4	평균	표준편차
I	4	5	0	1	0	0.8	0.92
II	9	1	0	0	0	0.1	0.31
III	8	0	1	1	0	0.5	1.08
IV	1	2	3	4	0	2	1.05
V	2	2	4	2	0	1.6	1.08
VI	2	3	4	1	0	1.4	0.97
VII	4	5	1	0	0	0.7	0.67
VIII	7	3	0	0	0	0.3	0.48
IX	7	2	1	0	0	0.4	0.7

Table 5. Microleakage at the gingival cavity wall

군	score 0	1	2	3	4	평균	표준편차
I	0	1	0	1	8	3.6	0.97
II	3	1	2	2	2	1.9	1.6
III	1	0	0	4	5	3.2	1.23
IV	2	1	1	2	4	2.5	1.65
V	3	2	0	1	4	2.1	1.85
VI	4	0	1	1	4	2.1	1.91
VII	1	5	0	0	4	2.1	1.66
VIII	4	2	1	1	2	1.5	1.65
IX	4	1	0	2	3	1.9	1.85

와 Kruskal Wallis test를 시행하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 각 군별 교합면측과 치은측 와동벽에서의 미세누출

수복재의 미세누출에 SPS가 미치는 영향을 알아보기 위해 각각의 치경부 수복물에 표면처리 방법을 다르게 하여 미세누출 정도를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

교합면측 와동벽에서의 미세누출은 4군에서 가장 높았고, 2군에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

치은측 와동벽에서의 미세누출은 1군에서 가장 높았고, 8군에서 가장 낮게 나타났다.

모든 와동벽에서 미세누출을 관찰할 수 있었고 치은측 와동벽의 미세누출은 교합면측 와동벽의 미세누출보다 높게 나타났다.

2. 교합면측과 치은측의 비교

법랑질 변연을 갖는 교합면측의 미세누출이 백악질 변연을 갖는 치은측 와동벽의 미세누출보다 유의성 있게 낮게 나타났다.

3. SPS처리 유무에 따른 비교

SPS로 처리한 와동벽의 미세누출이 SPS로 처리하지 않은 와동벽의 미세누출보다 유의성 있게 낮게 나타났다.

4. SPS처리 군간의 비교

Scotchbond Multipurpose Adhesive를 처리한 와동벽과 Fortify를 처리한 와동벽의 미세누출 사이에 유의한 차

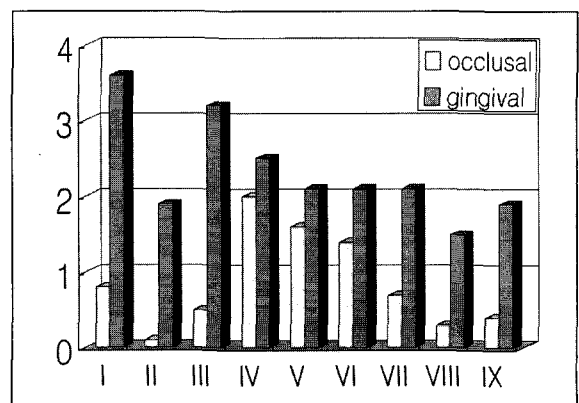


Fig. 1. 각 군별 교합면측과 치은측의 미세누출.

Table 6. 교합면측과 치은측의 미세누출

교합면측	0.87±1.02
치은측	2.32±1.67

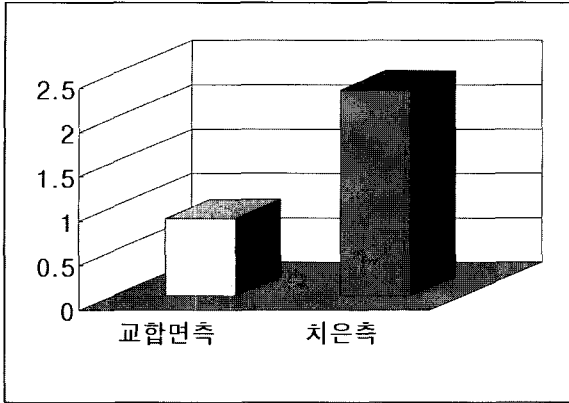


Fig. 2. 교합면측과 치은측의 미세누출.

Table 7. SPS처리 유무에 따른 미세누출

처리	1.42±1.56
비처리	1.95±1.53

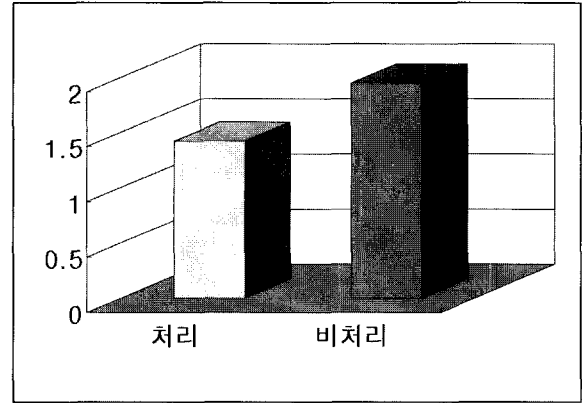


Fig. 3. SPS처리 유무에 따른 미세누출.

Table 8. SPS처리 재료에 따른 미세누출

Scotchbond Multipurpose Adhesive	1.25±1.47
Fortify	1.58±1.63

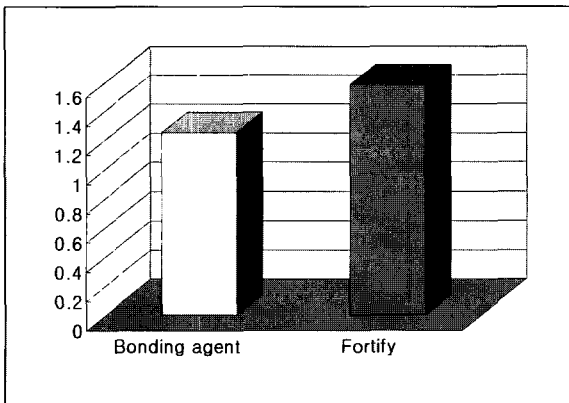


Fig. 4. SPS 처리 재료에 따른 미세누출.

이를 보이지 않았다.

5. 충전재와 SPS재료에 따른 교합면측 미세누출의 비교

Bonding agent를 처리한 Z100에서 가장 낮은 미세누출을 보였다.

Table 9. 충전재와 SPS재료에 따른 교합면측 미세누출

Z100/Bonding	0.1±0.32
Z100/Fortify	0.5±1.08
Fuji II LC/Bonding	1.6±1.08
Fuji II LC/Fortify	1.4±0.97
F2000/Bonding	0.3±0.48
F2000/Fortify	0.4±0.98

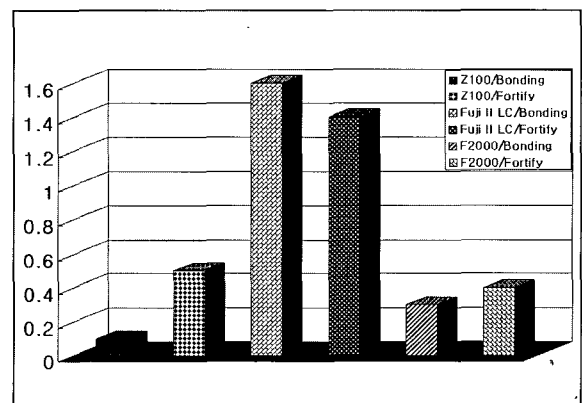


Fig. 5. 충전재와 SPS재료에 따른 교합면측 미세누출.

6. 충전재와 SPS재료에 따른 교합면측 미세누출의 유의성 검증

일부에서 유의성 있는 차이를 보이는 경우도 있었으나 충

Table 10. 충전재와 SPS재료에 따른 교합면측 미세누출의 유의성 검정

	Z Bond	Z Forti	Fuji Bond	Fuji Forti	F Bond	F Forti
Z Bond						
Z Forti						
Fuji Bond	★					
Fuji Forti	★					
F Bond				★		
F Forti						

Table 11. 충전재와 SPS재료에 따른 치은측 미세누출

Z100/Bonding	1.9±1.59
Z100/fortify	3.2±1.22
Fuji II LC/Bonding	2.1±1.85
Fuji II LC/fortify	2.1±1.91
F2000/Bonding	1.5±1.65
F2000/fortify	1.9±1.85

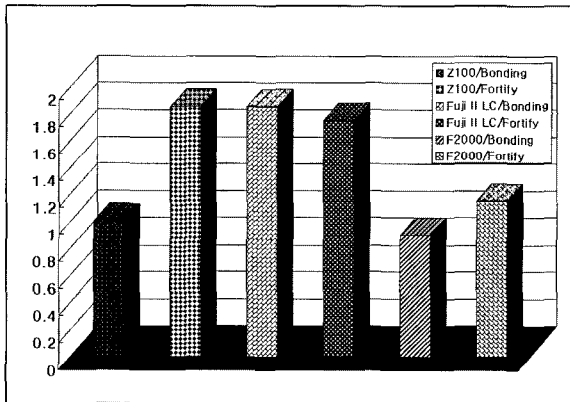


Fig. 7. 충전재와 SPS재료에 따른 미세누출.

전재와 표면처리 사이의 상관성 있는 결과는 보이지 않았다.

7. 충전재와 SPS재료에 따른 치은측 미세누출의 비교

Bonding agent를 처리한 F2000에서 가장 낮은 미세누출을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

8. 충전재와 SPS재료에 따른 미세누출의 비교

교합면측과 치은측 와동벽 모두를 합한 각각의 충전재와 SPS 재료에 따른 미세누출에 대한 평균과 이에 대한 그래

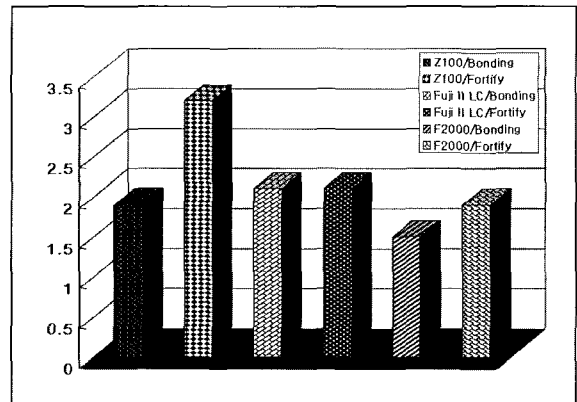


Fig. 6. 충전재와 SPS재료에 따른 치은측 미세누출.

프로 충전재와 SPS 재료에 따른 미세누출이 유의한 차이를 보이지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

심미 수복재의 여러 장점에도 불구하고 아직도 변연부 손상이나 중합수축으로 인한 미세누출이 문제점으로 남아있다⁸⁾. 미세누출은 수복물의 임상적 성공에 중요한 요인이며 미세누출 발생 시 2차 우식과 술후 민감성 증가 그리고 치수괴사로 이어져 궁극적으로 실패를 가져 오게된다^{8,9)}. 특히 Kemp-Scholte와 Davidson¹³⁾은 5급 와동에 놓인 수복물은 완전히 상아질 변연부를 봉쇄하지는 못한다고 하였는데 백아질/상아질 변연을 갖는 치은측 와동벽에서의 미세누출은 수복물의 성패를 좌우한다고 할 수 있다. Sidhu와 Henderson¹⁴⁾은 복합레진이 산 부식된 범람질에 더 강하게 결합하기 때문에 중합수축동안 교합면측으로 중합수축이 일어나서 치경부쪽의 변연에서 틈이 형성된다고 하였는데 본 실험에서도 역시 치은측 와동벽의 미세누출은 교합면측 와동벽의 미세누출보다 유의성있게 높은 결과를 나타냈다. 완전한 변연부 봉쇄를 이루기 위해서는 강력한 상아질 결합이 존재하여야 하며 21~24MPa정도의 결합력이 요구되는데 비해 상아질 접착제의 결합강도는 대략 15~17MPa을

보인다⁹⁾.

상아질에서 낮은 결합력을 보이는 이유로 다양한 의견들이 제시되었는데 Gwinnett와 Yu¹⁵⁾ 그리고 Krejci와 Lutz¹⁶⁾에 의하면 5급 와동 수복물의 깊은 부위 상아질에서 두꺼운 도말층을 SEM으로 관찰할 수 있었으며 이 도말층은 산에 의한 완전 탈회를 막고 primer의 침투를 방해함으로써 부분적으로 접착되지 않은 부분을 형성한다고 하였다. Asmussen¹⁷⁾은 법랑질에 비해 석회화가 덜 된 상아질의 탈회로는 법랑질에서 얻어질 수 있는 정도의 충분한 기계적 결합을 나타내지는 못하기 때문에 상아질/백아질의 결합은 약한 결합을 이룬다고 하였다.

최근 상아질 접착제의 새로운 개발에도 불구하고 여전히 중합수축이나 열팽창 계수의 차이에 의해 발생하는 힘에는 저항하지 못하고 있다^{18,19)}. 그러므로 수복물의 성공은 상아질에서 미세누출을 어느정도 감소시키느냐에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 상아질 부위의 처리방법이 미세누출에 미치는 영향에 대한 연구나 미세누출을 좀 더 줄일 수 있는 재료의 개발이 필요하리라 생각된다.

치아와 수복물 계면의 변연 적합도는 여러요소, 즉 수복물질의 종류, 재료의 물리적 성질, 재료간의 상호작용, 치아면의 물리적 성질, 구강환경에서의 상호작용에 달려있다. 특히 수복물질과 치아와의 결합력 정도보다는 수복물 형태에 의해 훨씬 더 영향을 받는다. 예를 들어 복합 레진이 높은 점도도와 낮은 정도의 수분 흡수 값을 가질 경우 사용된 접착제와는 관계없이 변연 누출이 높게 나타나고⁶⁾ 복합레진의 레진 함량과 filler의 함유정도가 미세누출에 영향을 미친다²⁰⁾. 수복제의 종류 역시 미세누출에 영향을 미칠 수 있는 요인중의 하나이다.

먼저 복합레진은 색조안정성이 뛰어나 심미성이 우수한 장점이 있지만 수복 후 적어도 한 시간 안에 일어나는 중합수축으로 인한 미세누출이 주된 문제점으로 보고되어 있다²¹⁾. 레진은 접착 체계에서 많은 발달을 했음에도 불구하고 치정부 상아질의 경우 치질과의 결합력이 법랑질보다 낮기 때문에 많은 미세누출을 보여 상아질의 변연부 적합도는 여전히 이상적인 것과는 거리가 멀다고 할 수 있다²⁰⁾.

레진 강화형 글래스 아이오노머는 심미와 물리적인 면에서 많은 향상을 이루었고⁸⁾ Uno 등²²⁾에 의하면 Fuji II LC[®]는 와동벽에 우수한 적합을 보이고 장기간 동안 최소의 중합수축(대략 레진의 1/2에 해당)을 보여 미세누출을 감소시킨다고 하였다. 그러나 레진 강화형 글래스 아이오노머는 레진 성분으로 인해 법랑질보다 상아질에서 미세누출이 더 크며 레진 함량에 따라 다양한 미세누출을 보인다²³⁾. 따라서 글래스 아이오노머는 치질과 화학적 결합을 이루는 장점에도 불구하고 변연부 결합과 미세누출이 여전히 존재한다²⁾.

본 실험에서는 레진 강화형 글래스 아이오노머로 Fuji II

LC[®]를 사용하였는데 미세누출 결과가 예상과는 달리 법랑질 변연을 갖는 교합면측에서 다른 두 재료보다 높은 미세누출을 보였다. 이는 Fuji II LC[®]의 적용과정에서 와동 벽에 긴밀한 적합을 하지 못한 것에 그 원인이 있는 것으로 여겨지며 이 같은 개개인의 능력차이를 보완하기 위해 syringe를 이용해 와동 벽에 적용하거나, 분말과 액을 혼합해야 하는 불편을 해소하기 위해 새로운 재료의 개발이 필요하리라 사료된다.

최근에 개발된 compomer는 복합레진 기질에 glass입자를 첨가한 것으로 복합레진의 물리적인 장점과 글래스 아이오노머의 장점인 치질과의 높은 결합력을 모두 갖춘 재료로 알려져 있다. 위의 두 재료와는 달리 제조사에서는 compomer의 경우 치면처리를 추천하지 않았는데 Ferrari 등²⁴⁾은 compomer 사용시 산 부식을 할 경우 변연누출이 현저히 적었다고 보고하였고 Cortes 등²⁵⁾은 산 부식 처리와 변연 누출과는 상관관계를 보이지 않는다고 보고하였다. Compomer의 미세누출 정도에 관한 보고에서 Morabito와 Defabianis²⁵⁾는 유치의 미세누출에 있어서 compomer가 레진 강화형 글래스 아이오노머보다 뛰어나다고 보고하였다. Yap 등²⁶⁾은 Dyract[®]와 Fuji II LC[®]를 이용한 실험에서 두 재료간의 미세누출 차이는 거의 없다고 하였는데 이는 표본을 증류수에 보관하여 재료의 수화팽창으로 재료본래의 중합수축을 보상했기 때문으로 여겨진다.

본 실험에서는 compomer로 F2000[®]을 사용하였으며 제조사의 지시대로 산 부식을 하지 않았으나 다른 두 재료와 비교해 볼 때 미세누출이 적었다. 특히 Z100[®]에 비해 치은쪽의 미세누출은 훨씬 적었는데 이는 compomer의 레진 성분함량이 Z100[®]보다 적어 그만큼 중합수축 양이 적었기 때문으로 사료된다.

수복물의 미세누출에 영향을 미치는 또 다른 요인으로 열팽창계수를 들 수 있는데 Nelsen 등²⁷⁾과 Kidd²⁸⁾에 의하면 재료의 열팽창계수는 미세누출에 중요한 영향을 미친다고 하였으며 실험실에서 미세누출을 평가할 경우 구강 내 환경 재현을 위한 thermocycling은 필수적이라고 했다.

Thermocycling방법에 대한 여러 가지 기준들이 제시되었는데 Shotrall²⁹⁾은 실험실의 thermocycling 온도는 0℃~68℃의 범위가 적당하며 이것은 구강내의 최대, 최소 온도와 일치한다고 하였고 Smith 등³⁰⁾은 250~500회의 다양한 thermocycling의 횟수는 미세누출에 중요한 차이가 없다고 하였으며 15초의 dwell time이 임상적인 온도변화로 생각된다고 하였다. Harper 등³¹⁾은 생활치가 극도로 뜨겁거나 찬 음식에 직접적인 접촉을 할 경우 환자는 견딜 수 없을 것이라고 하였으며, 실제로 생활치의 검사 시 정상적인 치아의 경우 단지 몇 초 동안의 접촉에만 견딜 수 있었다고 하였다.

이상과 같은 이유로 본 실험에서는 15초의 dwell time으

로 500회의 thermocycling을 시행하였다. 그러나 Harper 등³¹⁾은 복합레진이 매우 느린 열 확산률을 보이기 때문에 짧은 시간의 구강 내 열 전달로는 재료의 체적변화에 큰 영향을 미치지 않아 미세누출에 미치는 영향은 적을 것이라고 하였다. 또한 Sidhu와 Henderson¹⁴⁾은 글래스 아이오노머의 수복 시 변연누출에 thermocycling이 미치는 효과가 없다고 하였는데 이는 치아와 수복물질의 열팽창계수의 차이가 수분 흡수로 보상되었기 때문이라고 하였다. Thermocycling에 대한 위와 같은 논란의 여지에 대해 앞으로 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

SPS는 마모저항성을 향상시키는 것은 물론, 계면의 착색과 변연적합도, 그리고 표면재질을 향상시킨다고 알려져 있다³²⁾. 수복물 표면에 SPS를 사용하는 유래는 낮은 점도의 레진을 큰입자의 복합레진 표면에 사용하여 표면을 부드럽게 하는데 사용하거나 연마과정에서 나타나는 microcrack을 채움으로써 마모저항성을 향상시키기 위해 사용하였다. 또한 중합 과정의 초기에 과도한 수분과 건조로부터 글래스 아이오노머를 보호하기 위해서도 사용됐다.

O'Brien과 Yee³³⁾는 SPS를 사용할 경우 수복물의 표면 하부에 미세한 결함으로 인해 발생하는 마모를 감소시키는데 효과적이라고 하였다. 이의 근거로 SPS를 중합시키는데 걸리는 부가적 시간이 하부의 복합레진을 더 완전히 중합시켜 표면이 단단해짐으로써 마모저항성이 향상된다고 보고하였는데 중합시간과 마모저항 사이의 관계는 더 논의될 필요가 있겠다³²⁾.

Dickinson 등³⁵⁾은 SPS가 마모율 뿐 아니라 변연 적합도를 향상시킨다고 보고하였다. 미세누출을 일으키게 하는 계면에 존재하는 틈은 접착제의 낮은 마모저항성과 삽입시 복합레진의 부적절한 적용, 그리고 중합수축으로 인해 나타난다. 그리고 변연부 손상은 Bausch 등³⁵⁾에 의하면 복합레진과 와동의 결합부가 이상적으로 결합하지 못하거나 레진 기질의 cohesive failure로 인해 발생한다.

SPS는 모세관현상에 의해 변연부 틈에 침투하여 변연부를 봉쇄하고 미세누출을 감소시키게 되는데 이것은 수복물의 표면 뿐 아니라 수복물과 삭제 와동 계면에서도 일어난다^{32,36)}. 이러한 침투 정도는 입자의 평균크기에 달려있는데 낮은 점조도와 높은 젖음성을 가질때 1~2 μ m 정도의 미세 구조적 결합을 적실 수 있다²⁾. 그러나 SPS 자체도 레진이므로 중합수축과 온도변화로 인해 체적의 변화가 일어나며 온도 변화는 filled resin보다 unfilled resin에 더 부정적인 영향을 미치므로¹⁸⁾ 중합수축에 의한 틈을 봉쇄하는 이상적인 물질은 낮은 점조도와 높은 젖음성을 갖는 filler가 함유된 레진이라 할 수 있다¹⁸⁾. 이 실험에 사용된 SPS는 unfilled resin인 Scotchbond Multipurpose Adhesive와 Fortify였는데 filled resin인 Fortify plus등과의 차이도 비교해 볼 만한 가치가 있으리라 사료된다.

SPS가 수복물의 미세누출을 감소시키는데 미치는 영향과, 두 재료 사이의 차이 여부를 평가해 본 결과, 미세누출을 감소시키는데 효과적이었지만 Scotchbond Multipurpose Adhesive와 Fortify 사이에는 유의한 차이가 없었다는 결론을 얻었다. 그럼에도 불구하고 미세누출은 여전히 존재하는데 이것은 복합레진의 중합수축의 힘이 접착력보다 더 크고 SPS역시 레진이기 때문에 중합수축을 일으키기 때문으로 사료된다.

그러나 이와 같은 실험결과를 임상에서도 역시 적용시킬 수 있을지는 의문인데 pulpal fluid의 outward flow는 수복물 변연부에서 sealant의 침투를 막고 와동에 남아있는 다양한 인산의 농도는 접착에 차이를 일으켜 미세누출의 차이를 유발시킬 것이기 때문이다⁷⁾.

앞으로 in vitro 뿐 아니라 in vivo에서의 SPS의 효과에 대한 연구가 필요하리라 사료되며 임상에서 SPS를 처리하는 술식은 상대적으로 간단하고 시간이 오래 걸리지도 않는 술식이므로 매년 내원시 SPS를 처리하는 것이 수복재의 수명을 연장시킬 수 있는 방법이라고 생각된다.

V. 결 론

치경부 수복물의 미세누출은 수복의 성공과 실패를 결정하는 중요한 요소이다. 이에 본 연구에서는 각각의 치경부 수복물에 SPS를 처리할 경우 미세누출 정도에 미치는 영향을 평가하고 SPS종류에 따른 차이를 비교하였다.

치경부 수복 재료는 Z100®, Fuji II LC®, F2000®를 사용하였고 SPS로는 Scotchbond Multipurpose Adhesive®, Fortify®를 사용하였다.

Stereomicroscope로 표본의 상아질/백아질부와 법랑질부의 미세누출을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 정도의 차이는 있었으나 모두 미세누출을 보였다.
2. 법랑질 변연을 가지는 교합면측 와동벽보다 백악질 변연을 가지는 치은측 와동벽에서 더 많은 미세누출을 보였다. (p=0.00)
3. SPS를 표면처리한 군이 표면처리하지 않은 군보다 통계학적으로 적은 미세누출을 보였으나(p<0.05), SPS 종류에 따른 차이는 보이지 않았다.

이상과 같은 결과로 볼 때 SPS를 사용하면 미세누출을 어느정도 감소시켜줄 것으로 기대된다. 그러나 모든 수복물 질에서 치경부 미세누출은 상당히 많았고 SPS를 사용하더라도 미세누출은 여전히 존재하였다는 사실을 기억하고 미세누출 감소를 위한 더 많은 연구와 재료개발이 필요하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Bauer JF, Henson JL: Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc* 1972;87:1349-57.
2. Kawai K, Leinfelder KF: Effect of surface penetrating sealant on composite wear. *Dent Mater* 1993;9:108-13.
3. Hallett KB, Garcia-Godoy F: Microleakage of resin-modified glass ionomer cement restorations: An in vitro study. *Dent Mater* 1993;9:306-11.
4. Oilo G, Olsson S: Tensile bond strength of dentin adhesives: a comparison of materials and methods. *Dent Mater* 1990;6:138-44.
5. Wang T, Nakabayashi N: Effect of 2-(methacryloxy) ethyl phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentin. *J Dent Res* 1991;70:59-66.
6. Crim GA: Influence of bonding agents and composites on microleakage. *J Prosthet Dent* 1989;61:571-4.
7. Toledano M, Osorio E, Osorio R, Garcia-Godoy F: Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *J Prosthet Dent* 1999;81:610-5.
8. May KN Jr, Swift EJ Jr, Wilder AD Jr, Futrell SC: Effect of a surface sealant on microleakage of Class V restorations. *Am J Dent* 1996;9:133-6.
9. Trushkowsky RD, Gwinnett AJ: Microleakage of Class V composite, resin sandwich, and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent* 1996;9:96-9.
10. Abdalla AI, Alhadainy HA, Garcia-Godoy F: Clinical evaluation of glass ionomers and compomers in Class V carious lesions. *Am J Dent* 1997;10:18-20.
11. Wilson AD: Resin-modified glass ionomer cements. *Int J Prosthodont* 1990;3:425-9.
12. Dickinson GL, Leinfelder KF, Mazer RB, Russell CM: Effect of surface penetrating sealant on wear rate of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* 1990;121.
13. Kemp-Scholte CM, Davidson CL: Marginal sealing of curing contraction gaps in Class V composite resin restorations. *J Dent Res* 1988;67:841-5.
14. Sidhu SK, Henderson, LJ: In vitro marginal leakage of cervical composite restorations lined with a light-cured glass ionomer. *Oper Dent* 1992;17:7-12.
15. Gwinnett AJ, Yu S: Shear bond strength, microleakage and gap formation with fourth generation dentin bonding agents. *Am J Dent* 1994;7:312-4.
16. Krejci I, Lutz F: Marginal adaptation of Class V restorations using different restorative technique. *J Dent* 1991;19:24-32.
17. Asmussen E: Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. *Oper Dent* 1985;10:61-73.
18. Reid JS, Saunders WP, Chen YY: The effect of bonding agent and fissure sealant on microleakage of composite resin restorations. *Quintessence Int* 1991;22:295-8.
19. Reeves GW, Fitchie JG, Hembree JH Jr, Puckett AD: Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent* 1995;20:230-5.
20. Martin FE, Kingsford Smith ED, Andrews N: Microleakage of glass ionomer/Composite resin restorations : A laboratory study. part 2. The influence of bonding systems. *Aust Dent J* 1992;37:172-7.
21. Prati C, Chersoni S, Cretti L, Mongiorgi R: Marginal morphology of Class V composite restorations. *Am J Dent* 1997;10:231-6.
22. Uno S, Finger WJ, Fritz UB: Effect of cavity design on microleakage of resin-modified glass ionomer restorations. *Am J Dent* 1997;10:32-5.
23. Cortes O, Garcia C, Perez L, Perez D: Marginal microleakage around enamel and cementum surfaces of two compomers. *J Clin Pediatr Dent* 1998;22:307-10.
24. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Davidson CL: Sealing ability of two "compomers" applied with and without phosphoric acid treatment for class V restorations in vivo. *J Prosthet Dent* 1998;79:131-5.
25. Morabito A, Defabianis P: The marginal seal of various restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 1997;22:51-4.
26. Yap AU, Lim CC, Neo JC: Marginal sealing ability of three cervical restorative systems. *Quintessence Int* 1995;26:817-20.
27. Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC: Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1952;44:288-31.
28. Kidd EAM: Microleakage: A review. *J Dent* 1976;4:199-205.
29. Shortall AC: Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. *Br Dent J* 1982;153:223-7.
30. Smith LA, O'Brien JA, Retief DH, Bradley EL: Microleakage of two dentinal bonding restorative systems. *J Dent Res* 1988;67:309-12.
31. Harper RH, Schnell RJ, Swartz ML, Phillips RW: In vivo measurements of thermal diffusion through restorations of various materials. *J Prosthet Dent* 1980;43:180-5.
32. Dickinson GL, Leinfelder KF: Assessing the long-term effect of surface penetrating sealant. *J Am Dent Assoc* 1993;124:68-72.
33. O'Brien WJ, Yee J: Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. *Oper Dent* 1980;5:90-4.
34. Davidson CL, Gee AJ, Feilzer A: The competition between the composite-dentine bond strength and the polymerization contraction. *J Dent Res* 1984;63:1396-9.
35. Bausch JR, de Lange C, Davidson CL, Peters A, de Gee AJ: The clinical significance of the polymerization shrinkage of composite restorative materials. *J Prosthet Dent* 1982;48:59-67.
36. Doerr CL, Hilton TJ, Hermes CB: Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent* 1996;9:19-21.
37. Rossomando KJ, Wendt SL Jr: Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 1995;11:47-51.
38. Barnes DM, Thompson VP, Blank LW, McDonald NJ: Microleakage of Class 5 composite resin restorations: A comparison between in vivo and in vitro. *Oper Dent* 1993;18:237-45.
39. Estafan D, Pines MS, Erakin C, Fuerst PF: Microleakage of Class V restorations using two different compomer systems: An in vitro study. *J Clin Dent* 1999;10:124-6.
40. Swift EJ Jr, Triolo PT Jr, Barkmeier WW, Bird JL, Bounds SJ: Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives. *Am J Dent* 1996;9:100-4.
41. Chow MH: Effects of sealant placed over composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 1980;44:531-5.

42. Fitchie JG, Reeves GW, Scarbrough AR, Hembree JH: Microleakage of two new dentinal bonding systems. *Quintessence Int* 1990;21:749-52.
43. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G: Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res* 1997;76:883-94.
44. Ferrari M, Davidson CL: Sealing performance of Scotchbond Multi-Purpose-Z100 in Class II restorations. *Am J Dent* 1996;9:145-9.
45. Salama FS, Riad MI, Abdel Megid FY: Microleakage and marginal gap formation of glass ionomer resin restorations. *J Clin Pediatr Dent* 1995;20:31-6.
46. Crim GA: Effect of aging on microleakage of restorative systems. *Am J Dent* 1993;6:192-4.
47. Han L, Okamoto A, Iwaku M: The effects of various clinical factors on marginal enamel micro-cracks produced around composite restoration. *Dent Mater* 1992;11:26-37.
48. Ferrari M, Davidson CL: Sealing capacity of a resin-modified glass-ionomer and resin composite placed in vivo in Class 5 restorations. *Oper Dent* 1996;21:69-72.
49. Campanella LC, Meiers JC: Microleakage of composites and compomers in Class V restorations. *Am J Dent* 1999;12:185-9.
50. Ferdianakis K: Microleakage reduction from newer esthetic restorative materials in permanent molars. *J Clin Pediatr Dent* 1998;22:221-9.
51. Brackett WW, Gunnin TD, Gilpatrick RO, Browning WD: Microleakage of Class V compomer and light-cured glass ionomer restorations. *J Prosthet Dent* 1998;79:261-3.
52. Watson TF: A confocal optical microscope study of the morphology of the tooth/restoration interface using Scotchbond 2 dentin adhesive. *J Dent Res* 1989;68:1124-31.
53. Wendt Jr. SL, McInnes PM, Dickinson GL: The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 1992;8:181-4.
54. Barnes DM, McDonald NJ, Thompson VP, Blank LW, Shires PJ: Microleakage in facial and lingual Class 5 composite restorations: A comparison. *Oper Dent* 1994;19:133-7.
55. Wendt SL, McInnes PM, Dickinson GL: The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 1992;8:181-4.
56. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H: Bond strength vs. dentine structure: A modeling approach. *Arch Oral Biol* 1995;40:1109-18.

사진부도 ①



Fig. 8. I군의 교합면측 미세누출 양성.



Fig. 9. I군의 치은측 미세누출 양성.



Fig. 10. II군의 교합면측 미세누출 양성.

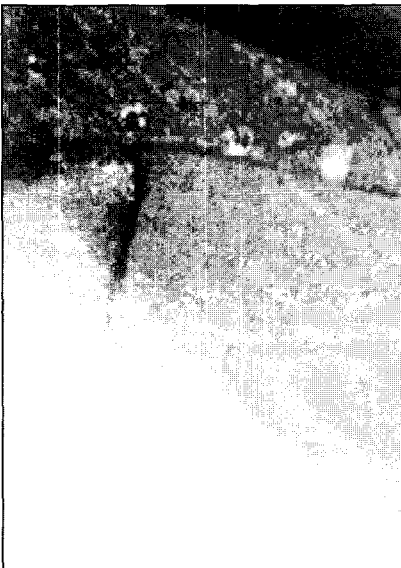


Fig. 11. II군의 치은측 미세누출 양성.



Fig. 12. III군의 교합면측 미세누출 양성.

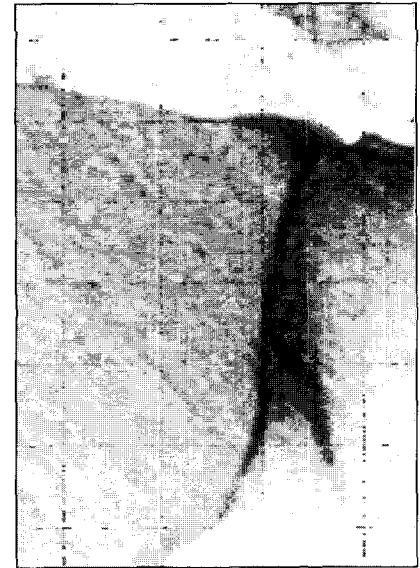


Fig. 13. III군의 치은측 미세누출 양성.

사진부도 ②



Fig. 14. IV군의 교합면측 미세누출 양상.



Fig. 15. IV군의 치은측 미세누출 양상.



Fig. 16. V군의 교합면측 미세누출 양상.



Fig. 17. V군의 치은측 미세누출 양상.

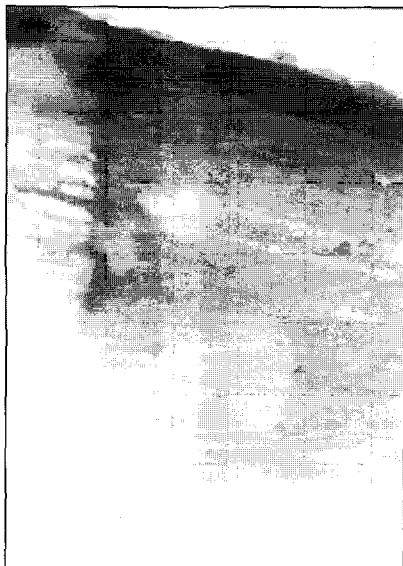


Fig. 18. VI군의 교합면측 미세누출 양상.



Fig. 19. VI군의 치은측 미세누출 양상.

사진부도 ③

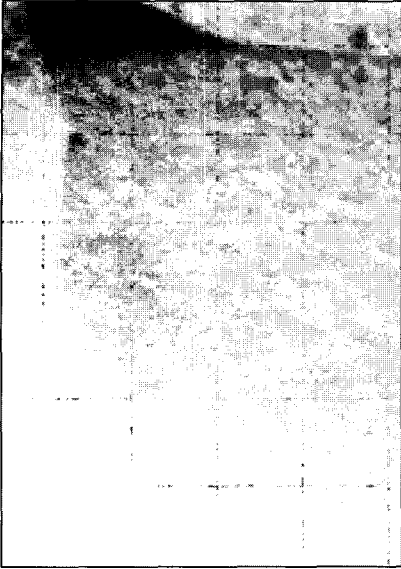


Fig. 20. VII군의 교합면측 미세누출 양성.

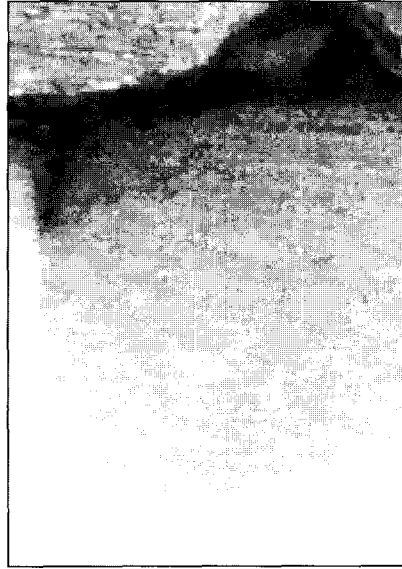


Fig. 21. VII군의 치은측 미세누출 양성.



Fig. 22. VIII군의 교합면측 미세누출 양성.



Fig. 23. VIII군의 치은측 미세누출 양성.

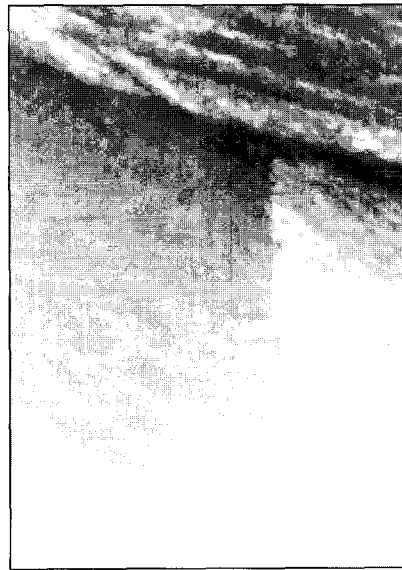


Fig. 24. IX군의 교합면측 미세누출 양성.

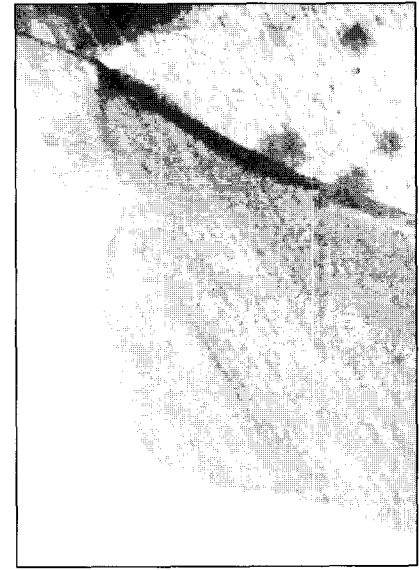


Fig. 25. IX군의 치은측 미세누출 양성.