

근관 밀폐도에 미치는 도말층 및 상아질 접착강화제의 영향

양진석 · 황인남 · 김원재* · 오원만

전남대학교 치과대학 치과보존학교실, 구강생리학교실*, 치의학 연구소

ABSTRACT

EFFECTS OF SMEAR LAYER AND DENTIN PRIMERS ON THE SEALING ABILITY OF ROOT CANAL

Jin-Suck Yang, In-Nam Hwang, Won-Jae Kim*, Won-Mann Oh

Dept. of Conservative Dentistry, Oral Physiology, School of Dentistry, DSRI, Chonnam National University*

The purpose of this study was to evaluate effects of smear layer and dentin primers on the sealing ability of root canals. 126 extracted human teeth with single, straight canals and mature apices were used. The samples were first classified into six groups as follows: presence of smear layer; absence of smear layer; Scotchbond Bond Multi-Purpose; All Bond 2; Mac Bond 2; Clearfil Liner Bond 2. A Positive control was also established. All teeth except the control group were then obturated with thermoplasticized gutta-percha and AH26.

Electrochemical and dye penetration technique were later used to evaluate the degree of microleakage through the root canal. Seventy teeth were then immersed in a 1 % potassium chloride solution and An external power supply(DC 10 V) was then applied to the circuit for the electrochemical microleakage test. The degree of Microleakage was determined over period of 28 days before being evaluated.

In total, 48 teeth were submitted to the dye infiltration technique. All specimen were suspended in 2 % methylene blue dye for 1 week before being longitudinally split. The degree of dye infiltration was measured under a stereomicroscope at $\times 10$ magnification and evaluated.

The results were as follows:

1. Apical microleakage increased throughout the test period in all group and one group having a smear layer showed a dramatic increase under electrochemical test ($p < 0.05$). In the group having smear layer, the degree of apical microleakage was the highest, and the microleakage was much higher than in the smear layer removed group in electrochemical test ($p < 0.05$). Scotchbond Multi-Purpose, All Bond 2, Mac Bond 2 and Clearfil Liner Bond 2 showed lower microleakage than one group having smear layer. The All Bond 2 and Clearfil Liner Bond 2 treated groups showed the lowest microleakage in electrochemical test ($p < 0.05$).
2. There was no significant difference between the experimental groups in dye penetration technique.

These results suggested that the removal of the smear layer from root canal and concomitantly the application of dentin primer into root canal could improve the sealing ability of root canal obturation. 1

Key Words : Smear layer, Dentin primer, Sealing ability.

I. 서 론

근관 치료의 성공을 위한 기본적인 요건은 정확한 진단, 근관성형 및 완전한 근관밀폐에 있으며, 근관 치료의 실패 원인 중 약 60%는 불완전한 근관밀폐 때문에 일어난다¹⁾. 치근과 근관의 형태 등 해부학적인 요소들과 환자의 협조도, 술자의 근관성형 및 충전 시의 능력 그리고 근관충전 재료 등의 임상적인 요소들이 불완전한 근관밀폐를 일으키는 요인이다. 불완전한 근관밀폐는 미세 누출을 유발하여 조직 삼출물이나 미생물 등이 상아질 벽과 근관충전 물질 사이 또는 근관충전물 내부의 틈새를 통해 이동하게 되고 세균의 서식처를 제공하게 된다. 근관충전 시 근관의 미세 누출을 줄이기 위한 연구가 시행되고 있는데, 근관 내에 상아질 접착제를 도포 한다거나 근관 내에 레이저를 조사하는 등²⁾의 연구가 보고되어 있다. Mannocci와 Ferrari³⁾는 발거 치아에 상아질 접착제와 근관충전용 시멘트를 함께 사용하여 가타퍼차로 충전하여 미세 누출을 색소 침투법으로 관찰하였으며, Kennedy 등⁴⁾은 발거 치아에서 Hydron을 근관충전제로 사용하여 주사 전자현미경으로 근관밀폐 효과를 관찰하였다. Chen 등⁵⁾은 상아질 접착제를 포함한 수종의 근관충전용 시멘트를 사용하여 근관충전 후, 근관벽 상아질과 시멘트간의 접착정도를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 상아질 접착제의 근관밀폐 효과가 우수한 것으로 보고하였다.

근관성형에서 가장 중요한 목적 중에 하나는 연속적이고 잔사가 없는 근관으로 만드는 것이다. 그러나 근관성형 시 여러 가지 기구 조작 과정 동안 근관 벽은 작은 잔사들에 의해 덮이게 되는데, 이러한 잔사층을 도말층이라 하며 이 층은 상아질의 무기질, 상아질과 치수의 유기질 잔사와 미생물 등으로 구성되어 있다. 근관성형 과정에 있어서 도말층이 근관밀폐에 미치는 영향에 관한 몇 가지 보고들이 있다. Yamada 등⁶⁾은 도말층이 근관벽에 대한 충전제의 부착을 방해한다고 보고하였으며, Saunders와 Saunders⁷⁾는 도말

층이 제거된 경우에 있어서 미세 누출이 감소된다고 보고하였다. 이러한 보고는 근관충전 시에 근관벽의 처리여부가 근관밀폐 효과에 대해서 영향을 미칠 수 있으며, 근관의 상아세관이나 부근관 등을 효과적으로 밀폐시키면 미세 누출이 보다 적을 수 있음을 시사한다고 하겠다.

그러나 근관밀폐에 미치는 도말층 존재 유무와 상아질 접착강화제 사용에 따른 근관밀폐 효과를 검증하기 위해서는 보다 정밀하게 측정하기 위한 방법들이 도입되어야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 전기화학적 및 색소 침투법을 이용하여 근단부 변연 미세 누출 정도를 비교 관찰함으로써 근관 내의 도말층의 존재 유무가 근관밀폐에 어떠한 영향이 있는가 여부와 상아질 접착 강화제를 근관벽에 처리할 경우 근관밀폐에 미치는 효과를 평가하고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

최근 2개월 내에 발거하여, 생리식염수에 보관한 126개의 단근치(하악 소구치, 하악 견치, 상악 전치부)를 사용하였으며 근원심측과 협설측으로 두 장의 방사선 사진을 촬영하여 만곡이 심한 치아와 치근단 주변에 측부근관들이 존재하는 치아는 제외하였다.

본 연구에 사용된 상아질 접착 강화제는 Table 1과 같다.

2. 시편 제작

치근부에 부착된 연조직을 제거하기 위하여 5.25% 차아염소산나트륨(NaOCl)에 24시간 동안 저장하고 치주 소파용 큐렛으로 치석 및 연조직을 제거하였다. 치수관을 3번 고속 핸드피스용 round bur로 개방한 후 barbed broach로 치수를 제거하였다. 각 치아는 치관부를 고속 핸드피스용 fissure bur를 사용하여 제거한 후 치근 길이가 15±0.2

Table 1. Materials tested

Materials	Manufactures	etchant	Dentin primer
Scotch Bond Multi-purpose	3M Dental Product Division, St Paul, MN, USA	35% phosphoric acid	55% HEMA, 5%polyalkenoic acid
All bond 2	Bisco., Itasca, IL, USA	10% phosphoric acid	A: NTG-GMA B: BPDM in acetone
Mac Bond 2	Tokuyama, Co., Tokuyama, Japan		Mac10(11-methacryloxy-1, 1-undecanedicarboxylic acid)
Clearfil Liner Bond 2	Kuraray Co., Ltd., Osaka, Japan		A : phenyl-p B : HEMA

mm 되게 연마용 사포(600Cw, 1000Cw)를 이용하여 연마하였다. 20번 K-file(MANI, Japan)을 근관에 삽입한 후 방사선 사진을 촬영하고 방사선 사진상의 근첨부에서 1 mm 짧은 부위를 작업장 길이로 하였다. Ni-Ti .04 taper file (ProFile, Maillefer, Switzerland)을 엔진 구동용 엔진 (M4-11909, Aseptico Inc., U.S.A.)에 삽입하여 일정한 속도(300rpm)에 고정하고 40번까지 확대한 후 40번 K-file로 근첨단(apical stop) 형성하고 스텝백 방법으로 3단계까지 재 근관성형하였으며 2번 Gates-Glidden drill을 사용하여 치관부 측에서 11mm까지 근관을 성형하였다. 근관성형 과정에서 형성되는 상아질 잔사 및 치수 잔사가 근단공을 폐쇄하는 것을 방지하기 위해서 5.25% 차아염소산 나트륨으로 자주 세척하면서 근관을 성형하였으며, 근관성형 완료 후에는 15번 K-file(MANI, Japan)로 근첨의 개방을 확인하였다. 근관성형된 치아를 무작위로 18개씩 선택하여 전기화학적 방법에 10개, 색소 침투법에 8개씩을 배정하고 7개 군으로 다음과 같이 분류하여 근관벽을 처리하였다.

도말층이 있는 군: 근관성형된 근관을 paper point로 건조하였다.

도말층이 없는 군: 근관 내에 형성되어 있는 도말층을 제거하기 위해 근관을 1분간 17% EDTA로 세척하고, 5.25% 차아염소산 나트륨으로 세척한 후, paper point로 근관을 건조하였다.

Scotchbond Multi-Purpose로 처리한 군: 제조사의 지시에 따라 근관을 35% 인산으로 15초간 산부식 시킨 다음, 27 Gauge(G) 주사기에 1차 증류수를 담아 20초간 세척하고, paper point를 이용하여 근관 건조하였다. 그 다음 Scotchbond Multi-Purpose의 상아질 접착 강화제를 27G 주사기로 치근단공으로 상아질 접착 강화제가 흐를 때까지 주입한 다음 공기로 건조하였다.

All Bond 2로 처리한 군: 제조사의 지시에 따라 근관을 10% 인산으로 15초간 산부식 시킨 다음 27G 주사기에 1차 증류수를 담아 20초간 세척하고, paper point를 이용하여 건조하였다. 그 다음 All Bond 2의 상아질 접착 강화제를 제조사의 사용방법 설명서에 따라 A용액과 B용액 혼합한 다음 이 혼합액을 27G 주사기로 치근단공으로 상아질 접착 강화제가 흐를 때까지 주입한 다음 공기로 건조하였다.

Mac Bond 2로 처리한 군: 제조사의 지시에 따라 근관을 산부식하지 않고 paper point로 건조시킨 후, Mac Bond 2의 상아질 접착 강화제 A 용액과 B 용액을 혼합한 다음, 혼합물을 근관에 27G 주사기로 치근단공으로 상아질 접착 강화제가 흐를 때까지 주입한 다음 공기로 건조하였다.

Clearfil Liner Bond 2로 처리한 군: 제조사의 지시에 따라 근관을 산부식하지 않고 paper point로 건조시킨 후,

Clearfil Liner Bond 2의 상아질 접착 강화제 A 용액과 B 용액을 혼합하고 혼합물을 근관에 27G 주사기로 치근단공으로 상아질 접착 강화제가 흐를 때까지 주입한 다음 공기로 건조하였다.

각각의 처리군들은 모두 40번 K-file을 사용하여 근관충전용 시멘트인 AH26(Dentsply, Germany)를 근관벽에 도포하고 근관을 Obtura II (Texceed, USA)로 열연화 가압 충전하였다.

양성 대조군: 근관성형은 다른 치아군과 같은 방법으로 했으나 근관 내에 어떠한 처치도 하지 않고, 근관충전도 하지 않았다.

3. 전기화학적 미세 누출 측정법

전기화학적 미세 누출을 측정하기 위하여 침단부가 0.5 mm 잘라진 2번 Gates-Glidden drill 로 가타퍼차를 작업장 길이로부터 근단부에서 3mm만 남도록 제거하였다. 근관 내의 가타퍼차가 깨끗이 제거되었는지 방사선 사진 상에서 검사하고, 0.7mm 구리전선을 약 10cm 정도로 잘라서 양끝 절연부를 약 13mm를 벗겨낸 다음 근관 내 근단부의 가타퍼차와 접촉될 때까지 넣었다. 치관부 측은 열 연화수지를 이용해서 고정 및 외부와 격리시킨 후, 방사선 사진 상에서 구리전선이 잘 위치되었는가를 관찰하였다. 모든 치아 시편들은 근단공 제외하고 nail varnish로 치근면을 3회 도포하여 전해액이 근단공을 제외하고 다른 부위로부터 침투되는 것을 방지하였다. 그런 다음 반투명 용기의 덮개에 구멍을 뚫어 치아 시편이 위치될 공간을 마련하고 시편을 위치시킨 후 열 연화수지를 이용해서 하나의 구멍만 남겨두고 각 군 당 10개의 치아를 용기에 고정시켰다. 용기에 1% 염화칼륨(KCl)용액을 채워서 모든 치아시편의 치근단부가 적어도 3mm정도 잠기는 것을 확인하였다. 전해액의 농도 변화를 방지하기 위해 1% 염화칼륨 용액을 24시간마다 교환하였다. 치아시편의 탐지전극선을 전기공급원(DC 10V)의 양극과 연결하고 음극에는 일정한 저항(100 Ω)달린 스텐레스 전선을 연결하였으며 이를 염화칼륨 용액에 담고 그 2의 전극으로 이용하였다(Fig. 1).

근관 내로 누출이 발생 시 용액이 탐지전극에 도달되면 전류가 흐르게 되어 지속적인 전해로가 형성되고 흐르는 전류의 양으로 누출의 정도를 평가할 수 있었다. 누출정도를 평가하는 전압강하는 음극에 연결된 스텐레스 전선에 직렬로 연결된 저항(100 Ω)에서 병렬로 연결된 전압계를 이용하여 소수점 첫째자리까지 mV 단위로 측정하였다. 각 시편에서 1일부터 28일까지 전압강하를 측정하였다.

4. 색소 침투법

색소 침투법에 의한 미세 누출을 측정하고자 양성 대조군

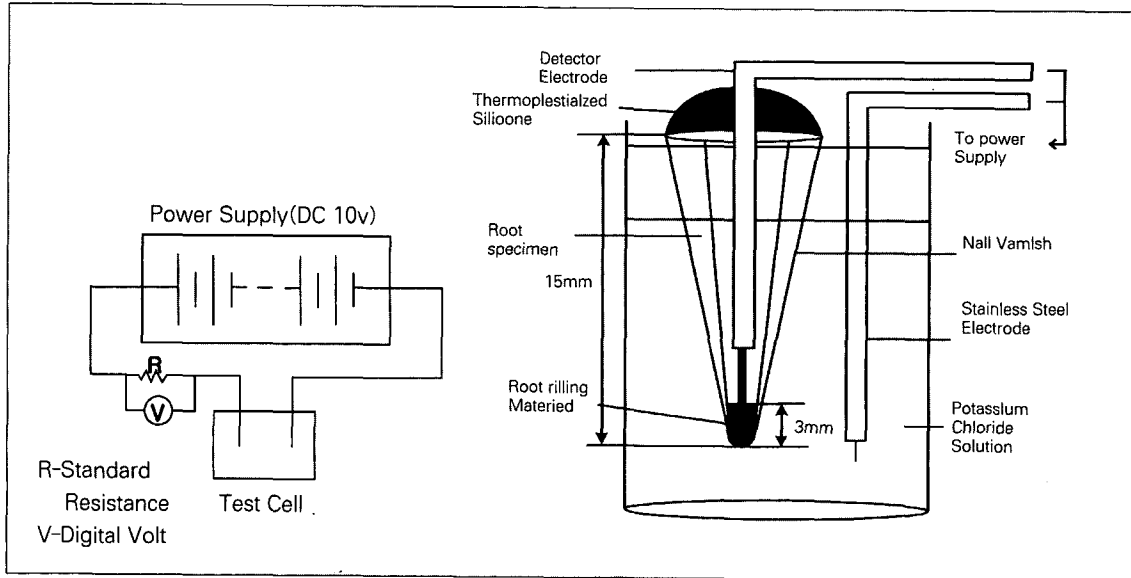


Fig. 1. Schematic drawing of electrochemical test system and test specimen.

을 제외한 6개 군의 근관 벽을 처리하고 근관충전된 치아 시편 치관부를 임시가봉후 각 군당 8개씩 구분하여 치근단 공 부위를 제외하고 nail varnish를 3회 도포한 후 밀폐된 용기 속에서 2% methylene blue에 치아를 수직으로 세워 침적시킨 상태에서 대기압 하에서 두었다. 1주 후 꺼내어 흐르는 물에 1시간 동안 세척하고, nail varnish를 제거하였다. 그런 다음 다이아몬드 디스크로 치근을 치아 장축 방향으로 가타파차가 나올 때까지 자른 후 chisel을 이용하여 썬기효과로 치아를 두 조각 내었다. 조각난 치아를 쌍안 입체 현미경(10, Nikon, Japan)를 이용하여 색소의 선상 침투정도를 근단부로부터 최고 치관 측 확장 범위까지 0.05 mm단위로 측정하였다.

5. 통계분석

일원 분산 분석법 (oneway ANOVA)으로 통계 분석하였고 Turkey test를 이용하여 각 군의 1일부터 28일 제까지의 전기화학적 방법에 의한 각 군의 평균 미세 누출의 차이와 전체 평균 미세 누출의 차이를 검정하였고, Scheffe analysis로 각 날짜별 전기화학적 미세 누출의 증가 차이와 색소 침투법에 의한 미세 누출 차이의 유의성을 검정하였다. 모든 실험 결과를 평균값 ± 표준편차로 표시하였다.

Ⅲ. 실험결과

전기화학적 방법에 의한 미세 누출 실험에서 각 군의 날짜별 미세 누출 정도는 약간의 등락 폭은 있었으나 전체적으로 보면 시간의 증가함에 따라 약간씩 증가를 보여 주었다. 실험 1일 제 각 실험군 간 차이는 양성 대조군을 제외하고

는 보이지 않았으나, 2일 제부터 28일 제까지 도말층이 있는 군이 다른 군들에 비해 유의하게 미세 누출이 증가하였다($p<0.05$, Table 2, Fig. 2). 각 군의 실험 1일 제부터 28일 제까지 전체 총 평균 미세 누출에서는 Clearfil Liner Bond 2로 처리한 군($15.33\pm 8.52\text{mV}$)과 All Bond 2로 처리한 군($20.25\pm 11.44\text{mV}$)이 가장 낮았으며, Scotchbond Multi-Purpose로 처리한 군($22.79\pm 10.54\text{mV}$), 도말층을 제거한 군($28.29\pm 17.76\text{mV}$), Mac Bond 2로 처리한 군($30.49\pm 19.17\text{mV}$)이 중간 값의 미세 누출을 나타냈고, 도말층이 있는 군($53.40\pm 14.63\text{mV}$)이 가장 큰 미세 누출을 보였다($p<0.05$). 대조군의 평균 미세 누출은 $93.87\pm 19.39\text{mV}$ 로 다른 실험군과 큰 차이를 보이며 높은 미세 누출을 보였다(Tables 3, 4).

전기화학적 방법에서 각 군의 증가 추이는 시간이 지남에 따라 모든 군에서 약간씩 증가하는데, Clearfil Liner Bond 2로 처리한 군에서 측정 1일 제부터 가장 낮은 미세 누출을 보이며 안정적인 증가를 보여 측정 28일 제까지 가장 낮은 값을 나타냈으나 측정 28일 제에서 1일 제에 비해 유의한 미세 누출의 차이를 보였다($p<0.05$). Scotchbond Multi-Purpose로 처리한 군은 측정 초기 미세 누출이 급격히 증가하였으나 측정 7일 제부터는 안정적인 미세 누출 증가세를 보였고, 측정 14일 제부터 측정 1일 제에 비해 유의한 미세 누출의 차이를 보였다($p<0.05$). All Bond 2로 처리한 군은 측정 1일 제 비교적 높은 미세 누출을 보였으나 누출의 증가세가 안정적이었다. Mac Bond 2로 처리한 군은 측정 초기에는 낮은 값의 누출을 보였다가 점진적으로 증가를 하여 측정 8일 제부터는 도말층을 제거한 군보다도 높은 미세 누출을 보였으며 측정 28일 제에 측정 1일 제에 비해 유의한 미세 누출의 차이를 보였다($p<0.05$). 도말층을 제거한

Table 2. Mean leakage(mV) and standard deviation(SD) of the mean for test materials in electrochemical test

Group	Days														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Control	Mean	78.45	86.42	87.27	92.03	87.35	87.15	92.68	96.82	100.68	101.03	106.07	102.20	101.45	94.65
	SD	17.69	11.76	13.49	17.11	17.60	20.76	24.01	27.96	16.04	26.34	19.64	28.99	18.38	22.80
Smear (+)	Mean	21.35	33.03	39.07	40.23	45.12	49.48	48.97	50.68	47.43	49.97	51.52	52.98	50.37	49.70
	SD	12.18	12.01	22.08	17.09	17.96	17.36	9.30	7.88	7.29	5.54	6.74	5.81	6.06	5.54
Smear (-)	Mean	12.18	13.63	15.28	17.73	20.10	18.53	25.30	23.43	25.30	25.38	23.43	29.42	28.27	28.40
	SD	10.00	12.71	11.17	11.49	11.66	7.68	16.84	14.79	16.83	18.29	16.96	18.33	17.97	16.56
Scotchbond Multi-Purpose	Mean	4.32	6.38	7.85	8.77	13.38	18.78	18.97	18.83	20.95	21.50	23.43	23.80	24.17	24.68
	SD	4.83	5.10	5.04	4.46	5.98	7.80	7.64	7.19	7.45	6.54	6.34	5.96	5.16	5.42
All Bond 2	Mean	13.90	13.75	15.22	17.95	19.35	19.88	19.20	20.52	17.90	19.15	19.07	19.35	18.92	19.75
	SD	11.87	13.34	13.98	15.50	16.96	16.31	16.10	15.71	13.78	13.63	12.58	12.79	12.05	12.08
Mac Bond 2	Mean	9.35	13.78	15.25	18.33	21.83	24.57	24.92	26.35	29.47	29.42	28.55	30.07	28.20	30.50
	SD	9.00	12.49	15.64	17.24	17.47	19.59	16.74	18.62	20.89	18.28	20.02	19.77	21.10	20.80
Clearfil Liner Bond 2	Mean	4.25	5.52	5.48	8.17	8.78	9.98	11.10	12.02	13.83	14.55	15.82	16.65	16.14	16.27
	SD	5.97	4.73	5.61	5.24	3.73	3.66	3.46	4.09	4.88	5.35	6.05	6.15	6.51	6.57

Group	Days														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Control	Mean	99.33	98.25	101.55	86.85	93.45	98.42	89.80	96.08	90.45	98.55	92.45	88.87	89.45	90.75
	SD	21.97	19.56	20.48	17.44	22.28	18.95	19.53	19.58	15.82	17.95	16.52	19.48	20.23	18.53
Smear (+)	Mean	51.65	57.12	59.65	57.13	62.05	62.90	60.23	60.25	62.27	64.73	64.78	67.10	66.23	69.33
	SD	7.44	7.48	7.80	7.36	10.49	9.10	8.36	8.02	8.46	7.50	7.70	11.57	10.44	12.53
Smear (-)	Mean	31.13	28.45	33.20	36.50	34.80	34.85	33.40	34.30	34.87	37.12	36.45	37.12	36.92	36.75
	SD	19.75	16.53	19.64	24.46	21.04	19.96	20.25	17.44	18.49	19.86	18.70	20.91	20.15	19.44
Scotchbond Multi-Purpose	Mean	25.77	26.95	29.05	27.08	29.88	27.23	28.45	27.27	28.67	30.25	29.43	29.37	30.02	32.90
	SD	5.22	6.06	9.11	6.93	5.56	7.18	9.12	8.57	9.72	10.76	10.16	10.30	10.59	12.73
All Bond 2	Mean	20.65	19.65	20.18	19.92	21.48	22.37	22.12	22.93	21.82	24.00	23.23	23.37	24.67	26.87
	SD	12.13	10.56	11.19	11.03	11.68	11.44	10.39	9.85	8.26	6.94	7.31	6.78	6.61	6.38
Mac Bond 2	Mean	31.13	31.32	30.95	35.28	32.27	37.27	37.62	38.10	39.02	41.32	38.35	41.38	43.57	45.73
	SD	19.90	19.89	21.41	27.94	21.54	19.40	17.08	17.07	17.93	17.35	16.83	14.65	16.16	15.18
Clearfil Liner Bond 2	Mean	16.33	18.08	18.58	18.03	19.65	20.30	18.45	18.82	19.27	20.23	19.55	20.25	21.13	21.98
	SD	6.37	8.66	9.12	9.53	10.66	8.91	9.17	8.72	9.05	10.25	9.30	9.47	8.62	9.44

군은 약간의 등락을 보이며 미세 누출의 증가를 보였고, 도말층이 있는 군은 측정 초기부터 미세 누출의 급격한 증가를 보여 측정 7일째부터 측정 1일째에 비해 유의한 미세 누출의 차이를 보였고(p<0.05), 모든 측정기간 동안 가장 높은 미세 누출을 보였다(Tables 2, 5, Fig. 2).

색소 침투법을 이용한 실험에서는 도말층이 있는 군에서 미세 누출 정도가 2.185±1.025mm로 가장 높은 값을 나타냈고, Mac Bond 2로 처리한 군에서 1.208±0.494mm로 가장 낮은 값을 나타냈으나 각 군마다 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 3).

Table 3. Total mean leakage currents(mV) of experimental groups in electrochemical test

	N	Mean±SD
Control	10	93.87±19.39
Smear(+)	10	53.40±14.63
Smear(-)	10	28.29±17.76
Scotchbond Multi-Purpose	10	22.79±10.54
All Bond 2	10	20.25±11.44
Mac Bond 2	10	30.49±19.17
Clearfil Liner Bond 2	10	15.33±8.52

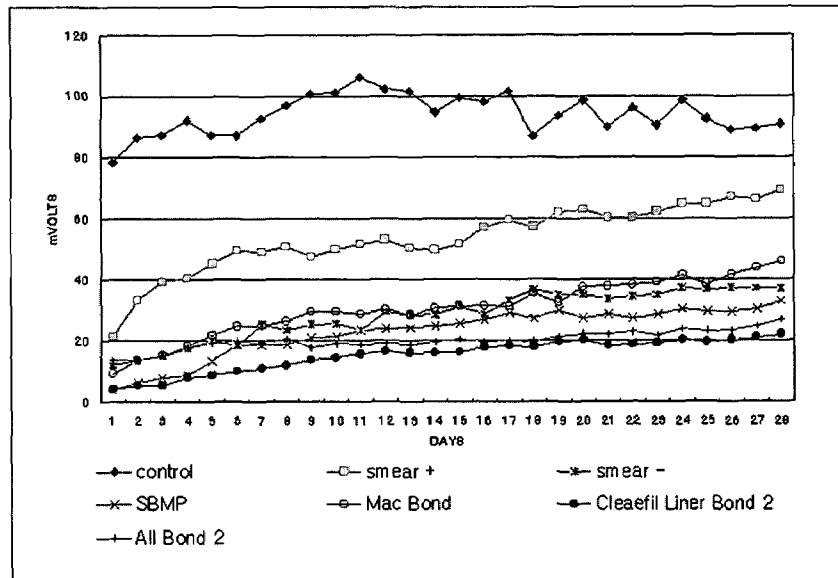


Fig. 2. Mean leakage patterns for different test materials in electrochemical test.

Table 4. Statistical analysis among experimental groups in electrochemical test

	Control	Smear(+)	Smear(-)	Scotchbond Multi-Purpose	All Bond 2	Mac Bond 2	Clearfil Liner Bond 2
Control	-						
Smear(+)	*	-					
Smear(-)	*	*	-				
Scotchbond Multi-Purpose	*	*	NS	-			
All Bond 2	*	*	*	NS	-		
Mac Bond 2	*	*	NS	*	*	-	
Clearfil Liner Bond 2	*	*	*	*	NS	*	-

* : p<0.05 NS : Non-significant differences

Table 5. Statistical analysis of microleakage per week in electrochemical test

		7th day	14th day	21th day	28th day
Smear(+)	1st day	*	*	*	*
Smear(-)	1st day				
Scotchbond Multi-Purpose	1st day		*	*	*
All Bond 2	1st day				
Mac Bond 2	1st day				*
Clearfil Liner Bond 2	1st day				*

* : p<0.05

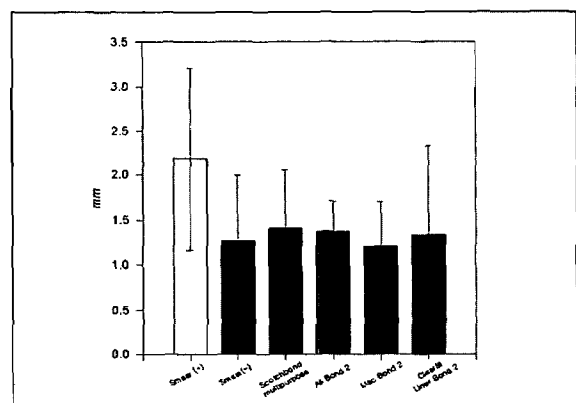


Fig. 3. Dye penetration of test specimens at 7 days.

IV. 총괄 및 고찰

근관충전재와 충전방법의 차이에 따른 근관 밀폐도를 검사하기 위해서 전기화학법⁸⁻¹¹⁾, 색소 침투법¹²⁻¹⁴⁾, 방사선 동위원소법^{15,16)}, 주사전자현미경법¹⁷⁾ 및 미생물법¹⁸⁾ 등이 사용되고 있다. 이러한 검사방법 중 색소 침투법은 색소의 선상 침투를 직접 관찰할 수 있고, 조작이 용이하며, 가격이 저렴하고, 특별한 장비와 재료가 필요 없기 때문에 흔히 사용되고 있다. 그러나 진공 흡입을 동반하지 않은 색소 침투법은 기포에 의해 색소의 변연부 침투에 영향을 줄 수 있으며 미세 누출의 정량적인 평가가 어렵기 때문에 시간 경과에 따른 미세 누출의 변화를 관찰하는데는 전기화학법이 효과적이므로 본 연구에서는 전기화학법에 의해 미세 누출을 측정하는 것을 병행하였다.

미세 누출의 변화량을 전기화학법으로 측정된 여러 연구가 있다⁸⁻¹¹⁾. 이러한 연구에서는 치아시편과 탐지극선을 고정하고 치관부 방향에서의 누출을 막기 위해 sticky wax나 red wax를 사용하였는데, wax는 열팽창계수가 크고 온도에 민감해서 온도가 올라가면 연화되어 탐지극선이 움직이고 누출이 생길 가능성이 있다. 본 실험에서는 wax 대신에 열연화성 수지를 사용함으로써 고정을 더욱 확고히 하고 온도 변화에 보다 잘 적응하게 하였으므로 치관부 측의 누출을 최소화하여 실험의 결과를 보다 신뢰 할 수 있었다. 전해액으로 쓰인 1% 염화칼륨(KCl)용액은 시간이 지남에 따라 용매인 물이 증발하여 전해액의 농도가 변할 수 있으므로 이것을 최소화하기 위해서 본 실험에서는 매일 새로운 1% 염화칼륨용액으로 교체해 농도변화에 따른 오차를 줄이는데 도움이 되었다.

여러 종류의 근관충전용 시멘트 중 본 실험에서는 epoxy resin계열의 AH26을 사용하였는데, 이는 Obtrura II로 근관충전 시 제조자가 추천하는 근관용 시멘트이기 때문이고 상아질에 좋은 부착력을 보여주며, epoxy resin이 상아질 접착강화제에 어떤 부착력을 얻을 가능성 때문이었다^{19,20)}.

도말층은 근관 확대 및 세정 후에도 근관벽에 1~2 μ m 두께의 얇은 피막으로 존재하며 상아세관 내에 수 μ m에서 40 μ m까지 다양하게 관찰된다²¹⁾. 근관 내를 근관기구로 철저히 확대하고 세정을 하더라도 유기물 및 무기물 잔사가 완전히 제거될 수 없다고 보고되어 있다^{22,23)}. 근관 내 도말층의 존재 유무가 근관밀폐에 어떤 영향을 주는지에 대한 논란이 있어 왔다. 도말층은 충전재와 근관벽의 사이에 누출을 유발하여 세균의 서식처를 제공하며⁴⁾ 근관충전제의 상아세관으로의 침투를 방해하기 때문에^{24,25)} 근관충전 전에 반드시 제거되어야 한다고 권고되고 있고²⁶⁾, Vassiliadis 등²⁷⁾에 의하면 근관 시멘트가 상아세관 내로 침투하는 것을 도말층이 저지하지 못한다고 보고하였으나, Drake 등²⁸⁾은 도말층이 상아세관 내로의 세균의 침투를 방지할 수 있다고

하여 학자에 따라 상이한 결과를 보이고 있다. 도말층을 제거하기 위한 여러 가지 방법²⁹⁾들이 소개된 바 있고, Yamada 등⁶⁾은 도말층을 제거하기 위하여 17% EDTA를 사용 후 5.25% 차아염소산 나트륨(NaOCl)으로 세정하도록 권고하였다. Cergneux 등³⁰⁾은 색소 침투법을 이용한 실험에서 도말층을 제거한 후 충전한 치아군이 도말층이 있는 치아군보다 적은 미세 누출을 보였다고 보고하였으며, Evans와 Simon³¹⁾은 근관 내의 도말층의 유무에 따라 충전 후 색소 침투법을 이용하여 미세 누출을 관찰한 실험에서 색소 침투에는 차이가 없다고 상반되는 보고를 하였다. 본 실험에서 전기화학적 미세 누출 측정법 사용 시 도말층을 제거한 군이 도말층이 있는 군에 비해 적은 미세 누출을 보였다($p < 0.05$, Tables 2, 3, 4, Fig. 2). 이런 실험 결과는 근관 내 도말층을 제거하는 것이 도말층을 제거하지 않는 것에 비해 근관충전 후 낮은 미세 누출을 일으킬 가능성을 시사한다 하겠다. 따라서 근관성형 시 도말층을 제거하는 것이 근관 치료의 예후를 개선시킬 것이라 사료된다.

최근 제 3세대 상아질 접착제가 개발되어 치아 경조직과 복합레진 사이의 간극형성이 현저히 감소하게 되었다. Rud 등³²⁾은 Gluma에 의해 절단된 근첨면과 복합레진 사이에 긴밀한 접합이 형성되었다고 보고하였다. 치근단 조직의 상아질 접착제에 대한 생체적합성도 연구되었는데, 역행충전재료로서 아말감보다는 상아질 접착제 처리 후 복합레진으로 충전한 경우가 치근단 조직의 치유에 우수하다 보고되어 있다³³⁾. Andreasen 등³⁴⁾에 의하면 상아질 형성과 더불어 조직재생이 이들 복합레진 상에 형성되었으며 근관을 생물학적으로 밀폐시켰다고 했다. Vignaroli 등³⁵⁾은 용액 침투장치(fluid filtration apparatus)³⁶⁾를 이용하여 미세 누출 실험에서 상아질 접착제가 근첨부의 미세 누출을 효과적으로 억제함을 보고하였다. 이와 같이 근첨부의 역행 충전 시 상아질 접착제가 생체에 자극이 적고, 미세 누출을 감소시킬 수 있으나 근관충전 시 상아질 접착제를 근관충전 전에 근관에 처리하면 효과적으로 미세 누출을 감소시킬 수 있는지에 대한 의문을 제기할 수 있다. 그 이유로서 치과용 접착제는 산처리제(etchant), 상아질 접착 강화제(dentin primer) 및 접착제(adhesive)로 구성되며 이들 중 접착제의 성분은 주로 BIS-GMA로 되어 있고 대부분 가시광선에 의해 중합이 되기 때문에, 근관충전 시 미세 누출을 줄이기 위하여 상아질 접착제를 사용하는 것은 근관 내의 근첨부까지 삽입의 어려움과 중합의 불확실성 때문에 임상적 한계가 있다. 상아질 접착 강화제는 제조회사마다 그 구성 성분이 다르지만 주성분은 HEMA로서 상아질과 복합레진 사이의 기계적 및 화학적 결합에 중요한 역할을 하고 있다. 접착제보다 점도가 낮은 용액성이기 때문에 근관 내를 통하여 근첨부까지 도입이 쉽고 또한 광 중합시킬 필요가 없으며, 상아세관을 밀폐시켜 상아질과 단층을 효과적으로 감소시킨다고 보고되어 있기 때문에 만약 근관벽을 상아질 접착 강

회제로 처리한다면 미세 누출을 줄일 수 있지 않을까 하는 추론을 할 수 있다. 그러나 상아질 접착 강화제의 근관밀폐 효과에 대한 연구는 아직 미미하다. 본 연구 결과 상아질 접착 강화제(Scotchbond Multi-Purpose, All Bond 2, Mac Bond 2 및 Clearfil Liner Bond 2)를 처리한 치아 시편의 미세 누출을 전기화학적 방법으로 측정했을 때 도말층이 있는 군에 비해 유의한 차이를 보이며 낮은 미세 누출을 보였다($p < 0.05$, Tables 3, 4). 특히 Clearfil Liner Bond 2로 처리한 군에서 미세 누출이 가장 낮았고, 시간에 따른 미세 누출의 변화도 비교적 안정적 이었으며, All Bond 2로 처리한 군에서도 비슷한 미세 누출을 보이며 안정적인 증가를 보였고, Scotchbond Multi-Purpose로 처리한 군에서는 미세 누출량이 처음 7일 쯤까지 급격한 증가를 보이다 8일 쯤부터 증가세가 둔화되었다. Mac Bond 2로 처리한 군에서는 측정 초기에는 낮은 값의 누출을 보였다가 점진적으로 증가를 하여 측정 8일 쯤부터는 도말층을 제거한 군보다도 높은 미세 누출을 보였으나 도말층이 있는 군에 비해서는 낮았다(Table 2, Fig. 2). 이러한 실험 결과는 상아질 접착 강화제로 근관벽을 처리한 한 경우 미세 누출을 줄일 수 있음을 보여 준다 하겠다. Mac Bond 2를 처리한 군이 가장 좋지 않은 결과를 보여주었지만 도말층이 있는 군보다는 좋은 결과를 보였고 다른 상아질 접착 강화제 처리한 군은 비교적 우수한 근관밀폐 효과를 나타내었다. 상아질 접착 강화제가 근관밀폐도를 향상시키는 이유에 대해 정확히 이해되지 않았지만 상아질 접착 강화제가 치근관 벽의 상아질과 epoxy resin계 시멘트 사이에서 기계적 및 화학적 결합을 유도하여 좋은 결과를 보였을 것이라 사료된다.

김과 조³⁷⁾는 가온 측방가압 근관충전법의 밀폐효과를 보기 위해 색소 침투법을 사용하여 정성적인 측정과 누출된 색소량을 정량적으로 측정하여 두 측정법 사이에 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다. 이에 본 실험에서 미세 누출을 측정하는데 전기화학적 방법과 색소 침투법을 병행함으로써 두 방법간의 상관 관계를 밝히고자 하였으나 선상회기분석결과 깊은 상관관계를 보이지는 않았다($R=0.276$). 이는 각 실험군 마다 개체수가 작았고, 색소 침투법 실험 시 진공 흡입을 동반하지 않았으며, 시편을 관찰할 때 절단 부위에 따라 색소 침투의 깊이가 다르게 나타나 생기는 오차라 생각된다. 그러므로 추후 정량적인 측정법과 정선적인 측정법에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 실험에서 28일 간 미세 누출을 전기화학적으로 측정할 결과, 근관 내에 도말층이 있는 군에 비해 도말층을 제거한 군에서 낮은 미세 누출을 나타내 근관충전시 근관밀폐도를 향상시키기 위해서는 도말층의 제거가 필요하다고 생각된다. 또한 상아질 접착 강화제 도포가 보다 낮은 미세 누출을 나타냈다는 것은 근관 충전시 근관밀폐를 향상시키는 데

유용한 재료임을 시사하나, 미세누출은 장기간에 의해 이루어지고, 수분에 의해 상아질 접착 강화제의 분해되거나 물리적 성질이 변할 수 있기 때문에 오랫동안의 관찰에 의한 미세 누출의 추이를 살펴보아야 할 필요가 있으며 좀더 많은 임상시술 및 연구를 통해 유용성이 평가되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

근관충전 시 도말층을 제거하지 않은 군, 도말층을 제거한 군과 4종의 상아질 접착 강화제를 처리한 군의 미세 누출의 차이와 시간에 따른 누출 변화량을 보기 위해서 전기화학적 방법을 사용하여 28일간 전압을 측정하였으며, 측정된 미세 누출 정도를 비교 분석하였고, 색소 침투법을 이용하여 7일 쯤의 미세 누출 정도를 정선적으로 측정하여 평가한 후, 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전기화학적 방법 실험에서 시간의 경과에 따라 모든 군에서 미세 누출이 증가하였으며, 특히 도말층이 있는 군에서 평균 미세 누출이 가장 많았고 증가세가 두드러졌다. 또한 도말층을 제거한 군에 비해서도 도말층이 있는 군에서 높은 미세 누출을 보였다($p < 0.05$). 4종의 상아질 접착 강화제로 처리한 군(Scotchbond Multi-Purpose, All Bond 2, Mac Bond 2 그리고 Clearfil Liner Bond 2)의 미세 누출은 도말층이 있는 군에 비해 더 낮게 나타났고, 특히 All Bond 2와 Clearfil Liner Bond 2로 처리한 군에서 가장 낮은 미세 누출을 보였다($p < 0.05$).
2. 색소 침투법을 적용한 모든 실험군에서 미세 누출에 의한 색소 침투가 나타났으나, 군 간의 유의한 차이는 없었다. 이상의 결과는 근관 내 도말층을 제거하고 상아질 접착 강화제를 처리할 경우 근관밀폐도가 향상될 수 있음을 시사한다.

참 고 문 헌

1. Dow PR, Ingle JI: Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg*, 8:1100-1104, 1955.
2. Dederich D, Zachariensen K, Tulip J: Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentin follow Neodymium-Yttrium-Aluminum-Garnet laser irradiation. *J Endodon* 10:428-431, 1984.
3. Mannocci F, Ferrari M: Apical seal of obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endodon* 24:41-44, 1998.
4. Kennedy WA, Waker WA, Gough WA: Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endodon* 12:21-23, 1986.
5. Chen CH, Fujisawa S, Chang PI: Evaluation of EVA-MMA-TBB-O adhesive composite material for root canal sealer. *Dent Mater J* 5:99-109, 1989.
6. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS: A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigation solutions. Part 3. *J Endodon* 9:137-142, 1983.
7. Saunders WP, Saunders EM: The effect of smear layer

- upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *J Endodon* 25:245-249, 1992.
8. Jacobson SM, von Fraunhofer JA: The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral Surg* 42:817-823, 1976.
 9. Mattison GD, von Fraunhofer JA: Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surg* 55:402-407, 1983.
 10. Mattison GD, von Fraunhofer JA: Microleakage of retrograde amalgams. *J Endodon* 11:340-345, 1985.
 11. Alhadainy HA, Elsaed HY, Elbaghdady YM: An electrochemical study of the sealing ability of different retrofilling materials. *J Endodon* 19: 508-511, 1993.
 12. Dalat DM, Spangberg LSW: Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta-percha techniques using a dye vacuum tracing method. *J Endodon* 20:315-319, 1994.
 13. Smith MA, Steiman HR: An in vitro evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. *J Endo* 20:18-21, 1994.
 14. Brown RC, Jackson R, Skidmore AE: An evaluation of apical leakage of a glass ionomer root canal sealer. *J Endo* 20:288-291, 1994.
 15. Danin J, Linder L, Sund ML, Stromberg T, Torstenson B, Zetterqvist L: Quantitative radioactive analysis of microleakage of four different retrograde fillings. *Int Endod J* 25:183-188, 1992.
 16. Younis O, Hembree J: Leakage of different root canal sealants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 41: 777-784, 1976.
 17. Tanzill JP, Raphael D, Moodnik RM: A comparison of the marginal adaptation of retrograde techniques: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg* 50:74-80, 1980.
 18. Delivanis PD, Mattison GD, Mendel RW: The survivability of F43 strain of streptococcus sanguis in root canals filled with gutta-percha and Procosol cement. *J Endodon* 9:407-410, 1983.
 19. Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M : Stereomicroscopic and SEM study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endodon* 24:397-400, 1998.
 20. Gettleman BH, Messer HH, Eiddeeb ME: Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endodon* 17:15-20, 1991.
 21. Mader L, Baumgartner JC, Peters DD: Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endodon* 10:477-483, 1984.
 22. Moodnick R, Dorn S, Feldman M, Levy M, Borden B: Efficacy of biomechanical instrumentation: A scanning electron microscopic study. *J Endodon* 2:261-166, 1976.
 23. Fairbourn D, McWalter G, Montgomery S: The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endodon* 13 :102-107, 1987.
 24. White RR, Goldman M, Lin PS: The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endodon* 10:558-562, 1984.
 25. White RR, Goldman M, Lin PS: The influence of the smear layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. *J Endodon* 13:369-374, 1987.
 26. Golberg F, Spielberg C: The effect of EDTAC and the variation time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg* 53:74-76, 1982
 27. Vassiliadis LP, Sklavounos SA, Stavrianos CK: Depth of penetration and appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an in vivo study. *J Endodon* 20:373-376, 1994.
 28. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE: Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endo* 20:78-83, 1994.
 29. Berg MS, Jacobsen EL, BeGole EA, Remeikis NA: A comparison of five irrigating solutions: A scanning electron microscope study. *J Endodon* 12:192-197, 1986.
 30. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J: The influence of the smear layer on sealing ability of canal obturation. *Int Endodon J* 20:228-232, 1987.
 31. Evans JT, Simon JHS: Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *J Endodon* 12:101-107, 1986.
 32. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V, Asmussen E: Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. 1. *Endodon Dent Traumatol* 7:118-125, 1991.
 33. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V: Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. part 2. *Endodon Dent Traumatol* 7:126-131, 1991.
 34. Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebo L, Rud J: Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *J Endodon* 19:151-153, 1993.
 35. Vignaroli PA, Anderson RW, Pashley DH: Longitudinal evaluation of the microleakage of dentin bonding agents used to seal resected root apices. *J Endodon* 21:509-512, 1995.
 36. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA: Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endodon* 16:307-310, 1990.
 37. 김용덕, 조규중: 가온 측방가압 근관충전법의 폐쇄효과. 대한 치과 보존학회지 19:429-445, 1994.