

Fluid transport model을 이용한 치근단 역충전 재료의 혈액오염시 미세누출평가

안효순 · 장인호 · 이세준 · 이광원
전북대학교 치과대학 치과보존학교실 및 구강생체과학연구소

ABSTRACT

EVALUATION OF MICROLEAKAGE WITH RETROGRADE FILLING MATERIALS IN BLOOD CONTAMINATION USING FLUID TRANSPORT MODEL

Hyo-Soon Ahn, In-Ho Jang, Se-Joon Lee, Kwang-Won Lee
*Department of Conservative Dentistry & Institute for Oral Bioscience,
College of Dentistry, Chonbuk National University*

Leakage studies have been performed frequently, since a fluid-tight seal provided by various dental filling materials has been considered clinically important. The leakage of the various root-end filling materials has been widely investigated mostly dye penetration method. These dye studies cannot offer any information about the quality of the seal of a test material over a long period of time. The purpose of this study was to evaluate the microleakage of root end cavities in blood contamination filled amalgam, intermediate restorative material(IRM), light cured glass ionomer cement(GI) and mineral trioxide aggregate(MTA) by means of a modified fluid transport model. Fifty standard human root sections, each 5mm high and with a central pulp lumen of 3mm in diameter, were and filled with our commonly used or potential root end filling materials after they were contaminated with blood. At 24h, 72h, 1, 2, 4, 8, and 12 weeks after filling, leakage along these filling materials was determined under a low pressure of 10KPa(0.1atm) using a fluid transport model.

The results were as follows :

1. MTA group showed a tendency of decreasing percent of gross leakage (20ml/day) in process of time, whereas the other materials showed a tendency of increasing in the process time.
2. At the all time interval, GI group leaked significantly less than amalgam group and IRM group (p <0.05).
3. At the 4 weeks, the percentage of gross leakage in MTA group decreased to 0% thereafter, the low percentage of gross leakage was maintained in MTA group until the end of the experiment, whereas the percentage in IRM group increased to 100%.
4. At the 12 weeks, percentage of gross leakage was significantly low in MTA group(0%), comparison with GI group(40%), amalgam group(90%) and IRM group(100%), but there was no significant difference between latter two materials .

I . 서 . 론

근관치료의 목적은 근관내 세균과 세균산물을 제거하고 근관계를 삼차원적으로 충전함으로써 치근단 조직으로 세균

과 세균산물이 유출되는 것을 방지하기 위한 효과적인 방어 벽을 형성하는 것이다. 통상적인 근관치료는 약 90%의 경우에서 성공적이라고 보고되고 있다¹⁾.

통상적인 근관치료가 실패하면 재근관 치료를 시도하지만

이러한 시도 역시 성공적이지 못하거나 적응증이 되지 않을 경우에는 외과적 시술에 의한 접근이 필요하다. 통상적인 근관치료 실패의 60%내지 90%가 불완전한 근관의 폐쇄 때문이라고 보고되고 있고²⁾ 치근단 질환을 가진 치아의 치근단에서 수십여 종류의 균이 존재하는 것으로 알려져 있으므로³⁾ 치근단 병소의 치유를 위해서는 외과적 시술에서도 근단부의 철저한 폐쇄가 요구된다. Harty 등⁴⁾은 외과적 근관치료의 성공에 있어 가장 중요한 인자는 치근단 폐쇄라고 보고하였고 치근단 폐쇄효과의 가장 중요한 요인으로는 성공적인 치근단 역충전 술식이라고 주장하였다. 이상적인 역충전재가 갖추어야 할 조건에 관하여는 Gartner와 Dorn 등⁵⁾이 제시하였는데 이상적인 역충전재는 근관계의 근침 부분을 완벽하게 폐쇄해야 하며 염증 반응을 유발하지 않고 치근단 조직에서 유지되어야 하며 습기에 의해 손상되지 않고 체적 안정성을 가져야 하며, 부식저항성 및 전기화학적 불활성 이어야 한다. 또한 치아 및 치근단 조직에 변색을 유발하지 않고 조직이 용이해야 하며 방사선 불투과성이 있으면서 치아에 결합해야 한다고 하였다. 그러나 아직도 이러한 요구조건을 모두 만족시키는 역충전재는 없으며 아말감, 가타퍼차, cavit, IRM, Super-EBA 시멘트, polycarboxylate 시멘트, glass ionomer 시멘트등 많은 재료가 소개, 사용되어 왔으며 이 중 아말감이 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 재료로 보고되고 있다⁶⁾.

그러나 아말감은 부식, 부적절한 변연폐쇄, 경화시간의 지연, 치근단 조직으로 유리수분의 유입, 조직내 잔사의 잔존 등 많은 단점을 가지고 있으며⁷⁾, 최근 Dorn과 Gartner⁸⁾, Frank 등⁹⁾ 및 Rapp 등¹⁰⁾은 치근단 절제후 아말감으로 역충전한 임상예를 장기간 관찰한 결과 높은 실패율을 보였다 하여 역충전시 아말감의 사용에 부정적인 견해를 보고한 바 있다. 이러한 아말감의 단점 등으로 인해 산화아연-유지놀 시멘트를 강화시킨 IRM이나 Super EBA 시멘트가 역충전재로 많이 사용되고 있고, Smee 등¹¹⁾은 IRM이 아말감보다 현저히 우수한 치근단 폐쇄효과를 보였다 하였고, Bondra 등¹²⁾은 IRM, Super EBA 시멘트 및 varnish를 도포한 아말감간의 치근단 폐쇄효과를 비교한 결과 IRM과 Super EBA 간에는 차이가 없었으나 두 재료 모두 아말감보다 현저히 낮은 색소침투를 보고하였으며, Dorn과 Gartner⁸⁾도 장기간의 임상관찰결과 IRM에서는 91%, Super EBA시멘트에서는 94%의 성공률을 나타내 역충전재로서의 이 두 재료의 사용을 권장하였다. 그러나 IRM과 Super EBA 모두 취급이 용이하지 않고, 수분 접촉 시 폐쇄효과가 저하되며, 특히 IRM의 경우 유리유지놀에 의해 조직에 자극을 줄 수 있는 단점을 가지고 있음이 밝혀졌다⁶⁾.

한편 Wilson과 Kent¹³⁾에 의해 개발된 Glass ionomer 시멘트가 조직에 위해작용이 적고¹⁴⁾ 치질과 우수한 접착성을 보임으로써 이를 역충전재에 이용한 연구가 있었고^{15,16)}, 여

기에 아말감 분말을 혼합하여 물성을 개량한 Ketac silver가 역충전재로 많이 사용되었고 Schwartz와 Alexander¹⁷⁾, Pissiotis 등¹⁸⁾은 색소침투법으로, Alhadainy 등¹⁹⁾은 전기화학법으로 조사한 결과 Ketac-silver의 치근단 폐쇄효과가 아말감보다 우수하다고 하였고 Blackman 등²⁰⁾과 Pissiotis 등²¹⁾은 Ketac silver의 생체친화력도 양호하여 역충전재로서의 사용을 주장한 바 있다. 최근 Loma Linda 대학(CA, USA)에서 역충전재로 사용할 목적으로 mineral trioxide aggregate(MTA)라는 재료가 개발되었으며, 이는 외견상 건축용 시멘트(Portland cement)와 유사한 색상과 입자크기를 가지며 주성분은 tricalcium silicate, tricalcium aluminate, tricalcium oxide, silicate oxide와 그외 다른 알려지지 않은 mineral oxide이며²²⁾ 보고²³⁾에 의하면 MTA는 친수성 입자가 물과 접촉하면 4시간 이내에 colloidal gel이 단단하게 경화되는 특성을 가지고 있다. 이 MTA에 대한 최근의 동물실험 및 in vitro 실험결과를 보면 치근단 폐쇄효과^{24,25)} 및 생체친화력^{26,27)} 뿐만 아니라 항균효과²⁸⁾에서도 다른 재료보다 우수한 것으로 보고되고 있다.

그러나 외과적 근관치료는 통상적인 근관치료와 달리 연조직을 절개하고 판막을 거상한 뒤 굴 및 치질을 절제하는 과정을 가지므로 통상적인 근관치료에 비해 술식이 복잡하고 시야의 확보가 어렵다. 그리고 치근단 절제 후 역충전 와동을 형성하고 검사하며 충전하는 과정동안 절개, 거상 및 절제된 조직으로부터 계속적인 출혈이 따르고 이러한 부위의 시야를 깨끗하게 확보하기 위해 반복적으로 생리식염수로 술야를 세척해야 되며 와동이 빈번히 혈액에 오염된다.

외과적 근관치료 동안 출혈을 억제하기 위해 여러 가지 방법을 사용하지만 역충전 와동이 혈액에 의해 오염되는 것을 완전히 차단할 수는 없으며, 한정된 수술시야 및 기구접근의 어려움으로 인하여 역충전 와동의 만족할 만한 세척과 건조상태를 항상 얻을 수 있는 것도 아니다. 따라서 혈액에 대한 충전재의 민감성에 따라 폐쇄성 또한 다르게 나타날 수 있을 것이다.

다양한 root-end filling material에 대한 미세 누출은 대부분 dye penetration method에 의해 연구되었지만 이러한 방법은 장기간의 폐쇄효과를 평가하기에는 부적절하다고 사료되어 본 실험에서는 최근 치관 수복물의 변연 누출을 평가하기 위해 사용된 fluid transport model²⁹⁾을 변형하여 혈액 오염 시 미세 누출을 평가하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1) 시편제작

실험대상은 최근 발거된 단일 치근을 가진 상악중절치, 견치 및 하악소구치 50개를 사용하였으며, 스케일러를 이용하여 치근표면의 치석과 연조직을 깨끗이 제거한 후 치근의

내흡수와 외흡수가 없고 crack이 없는 치아를 사용하였다. 치관은 주수하 #245 고속 핸드피스 carbide bur를 이용하여 백악-법랑 경계에서 절단한 후 공업용 drill을 이용하여 직경 3mm의 hole을 형성한 후 길이가 5mm가 되도록 절단하고 치근외면은 fluid transport device의 silicone tube에 잘 맞도록 원통형으로 변화를 주었다.

40개의 root section은 혈당측정용 auto-Lancet (ultraTLC™/Medisense., U.S.A.)을 이용하여 실험자의 혈액을 채취하여 root section의 내부를 오염시킨 후 cotton을 이용하여 blot dry 후 유리판 위에서 Amalgam (Lathe cut silver alloy/Cavex68., Holland) . IRM (Caulk/Dentsply Inc., U.S.A.), MTA(Proroot MTA/Dentsply Inc., U.S.A.)를 각각 충전하고 Glass ionomer cement(Fuji II LC/GC., Japan)는 상아질 처리 후 충전하였다. 아말감을 amalgamator를 이용하여 trituration하고, amalgam carrier를 이용하여 와동에 적용하고 condensed, carved하고 작은 cotton pellet으로 bur-nishing 하였다. IRM은 제조자의 지시에 따라 1scoop/1drop의 비율로 혼합하여 아말감 군과 같은 방법으로 적용시키고, 표면을 편평하게 형성하였다. 상아질 처리제를 이용하여 치근면 처리 후 혈당측정기용 auto-Lancet을 이용하여 실험자의 혈액으로 root section을 오염시키고 blot dry 후 GI를 분말/액의 비율을 1/2로 제조자의 지시에 따라 혼합한 후 syringe(Centrix)를 이용하여 와동에 적용시킨후 Demetron optilux 500을 이용하여 와동의 상, 하에서 각각 40초씩 광조사 하고 Sof-Lex disc를 이용하여 polishing 하였다. MTA를 제조자의 지시에 따라 제공된 증류수를 이용하여 혼합한 후 아말감 carrier를 이용하여 적용하고 condensed, 과잉분은 젖은 cotton pellet으로 제거하였다.

각 시간대별로 fluid transport 측정전에 negative control로 AH26 cement (Caulk/Dentsply Inc., U.S.A)를 충전한 5개의 시편을 사용하였고 다른 5개의 root section은 sealer를 도포하지 않고 Obtura II를 이용하여 gutta-

percha를 충전한 후 positive control로 이용하였다.

2) fluid transport 측정

40개의 실험군과 10개의 대조군을 각각 충전 후 1일, 3일, 1주, 4주, 8주, 12주에 측정하였다. 측정 사이 기간동안 실험군을 젖은 거즈에 감싸 37℃ 항온기에 보관하였고 negative control군은 각 측정 시 마다 측정 전에 양쪽면에 nail varnish를 도포하였다.

root section은 silicone tube에 고정시켜 ligature wire를 이용하여 견고하게 결찰하였다. root section 양쪽 silicone tube 내부는 증류수로 채우고 T-tube를 연결하고 100µ standard glass capillary tube를 연결시켰다. T-tube의 가지쪽으로 syringe를 이용하여 물을 넣고, 제거하는 과정을 반복하여 모세관내의 적절한 위치에 3mm정도의 공기방울을 형성하였다. 마지막으로 compressor에 연결된 regulator의 계기판이 10KPa(0.1기압)이 되도록 고정하고 충전재를 통과한 물에 의해 공기방울이 움직이고 그 움직임을 관찰하여 fluid transport volume을 측정하였다. Fluid transport를 측정하는 방법은 Wu 등³⁰⁾에 의한 방법과 동일하게 시행하였다. 공기방울의 변위는 fluid trans-

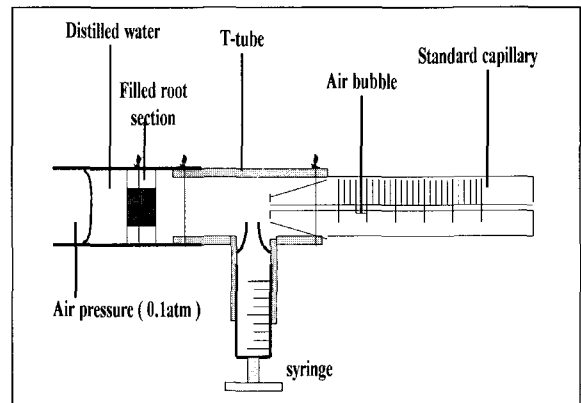


Fig. 1. Schematic diagram of fluid transport device

Table 1. Classification of groups

Groups	Filling materials	Treatment of root cavity
AM	Amalgam	Blood Contamination
GI	Fuji II LC GI	Blood Contamination
IRM	IRM	Blood Contamination
MTA	MTA	Blood Contamination
Negative control	AH26, nail varnish	No Blood Contamination,
Positive control	Gutta-Percha with Obtura II	No Blood Contamination, No Sealer

port result로 기록하고 $\mu\text{l/day}$ 로 표현하였다.

3) 주사전자 현미경 관찰을 위한 시편제작

주사전자 현미경 관찰을 위하여 각 실험군 별로 fluid transport 측정 종료 후 root section을 1개씩 선택하여 종 절단하고 연마한 후 시편을 7일간 건조기에 넣어 완전건조시킨후 aluminum stab에 mounting하고 진공상태에서 금 증착을 거쳐 주사전자현미경(Hitachi S-450 SEM, Japan)하에서 관찰하였다.

Ⅲ. 실험결과

각 재료의 fluid 이동에 의한 미세누출 결과는 Table 2에 나타나있다. 각 시간대별로 측정시 5개의 음성대조군은 fluid의 이동을 보이지 않았고 5개의 양성 대조군은 모두 gross leakage($F 20\mu\text{l/day}$)를 나타내었다.

혈액에 오염된 치근 와동 내에 각 실험재료를 충전하고 24시간 후에 측정했을 때 GI군이 다른 재료에 비해 누출이 적게 나타났다($P<0.05$). MTA군은 아말감군보다 gross leakage의 빈도가 높게 나타났으며($P<0.05$), IRM군은 MTA군보다 빈도가 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다($P>0.05$).

3일 후와 일주일 후 측정 시는 MTA군과 GI군의 미세 누출이 아말감군과 IRM군보다 적게 나타났으며($P<0.01$) MTA군과 GI군간의 통계적 유의성은 없었다($P>0.05$). 아말감군과 IRM군은 3일 후 측정 시는 아말감의 미세 누출이 적게 나타났으나 통계적 유의성은 없었고($P>0.05$), 일주일 후 측정시는 통계적으로 유의할 만하게 아말감의 미세 누출이 적었다($P<0.05$).

4주 후 측정 시 MTA군의 gross leakage는 0%까지 감소하였으나 반면 IRM은 100%의 누출양상을 보였다($P=0.00$). GI군의 경우는 30%정도까지 누출량이 증가하

Table 2. Result of fluid transport ($F:\mu\text{l/day}$)

Groups	Week	No. of Root Sections				Total
		$F \leq 0$	$0 < F \leq 10$	$10 < F \leq 20$	$F > 20$	
AM	1day	4	3	1	2	10
	3day	1	2	2	5	10
	1week	0	2	3	5	10
	4week	0	0	4	6	10
	8week	0	0	1	9	10
	12week	0	0	1	9	10
GI	1day	8	2	0	0	10
	3day	7	2	1	0	10
	1week	5	2	2	1	10
	4week	3	2	2	3	10
	8week	3	1	2	4	10
	12week	2	2	2	4	10
IRM	1day	1	1	1	7	10
	3day	0	1	1	8	10
	1week	0	0	1	9	10
	4week	0	0	0	10	10
	8week	0	0	0	10	10
	12week	0	0	0	10	10
MTA	1day	1	2	2	5	10
	3day	4	2	2	2	10
	1week	6	2	1	1	10
	4week	8	2	0	0	10
	8week	8	2	0	0	10
	12week	8	2	0	0	10

였으나 아말감군(60%)보다는 낮은 빈도를 나타내었다(P < 0.05). 8주, 12주후 측정시에도 MTA군의 미세누출은 0%로 유지되었으며, GI군, 아말감군, IRM군 순으로 누출의 빈도가 증가하였으나 아말감군과 IRM군의 통계적 유의

성은 없었다. 1일에서 12주에 이르는 본 실험에서 아말감군, GI군, IRM군은 점차적으로 미세 누출이 증가하는 양상을 보였으나, MTA군은 오히려 미세누출이 감소하는 양상을 나타내었고 4주 이후로 0%를 유지하였다(Fig. 2).

Table 3. Multiple comparison by Mann-Whitney rank sum test

	material	prob > Z	P < 0.05	P < 0.01
1 day(24h)	Am vs GI	0.047	*	
	Am vs IRM	0.025	*	
	Am vs MTA	0.030	*	
	GI vs IRM	0.000	*	*
	GI vs MTA	0.001	*	*
	IRM vs MTA	0.529		
	3 day(72h)	Am vs GI	0.002	*
Am vs IRM		0.154		
Am vs MTA		0.099		
GI vs IRM		0.000	*	*
GI vs MTA		0.113		
IRM vs MTA		0.006	*	*
1 week		Am vs GI	0.009	*
	Am vs IRM	0.049	*	
	Am vs MTA	0.004	*	*
	GI vs IRM	0.000	*	*
	GI vs MTA	0.647		
	IRM vs MTA	0.000	*	*
	4 week	Am vs GI	0.044	*
Am vs IRM		0.029	*	
Am vs MTA		0.000	*	*
GI vs IRM		0.002	*	*
GI vs MTA		0.012	*	
IRM vs MTA		0.000	*	*
8 week		Am vs GI	0.016	*
	Am vs IRM	0.317		
	Am vs MTA	0.000	*	*
	GI vs IRM	0.005	*	*
	GI vs MTA	0.010	*	*
	IRM vs MTA	0.000	*	*
	12 week	Am vs GI	0.016	*
Am vs IRM		0.317		
Am vs MTA		0.000	*	*
GI vs IRM		0.005	*	*
GI vs MTA		0.003	*	*
IRM vs MTA		0.000	*	*

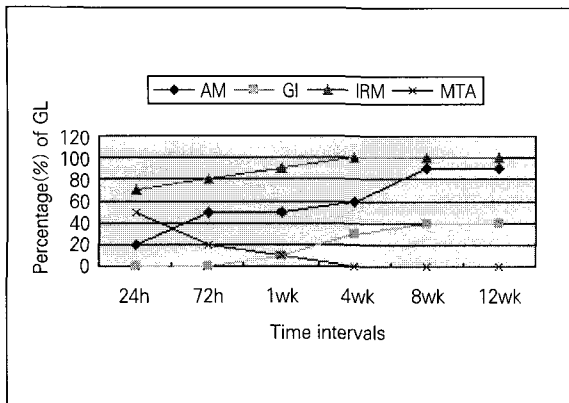


Fig. 2. Percentage of Gross leakage (F > 20)

주사전자 현미경 관찰

아말감군과 IRM군은 치질과 뚜렷한 간격을 형성한 양상을 보였고 상아질면은 불규칙한 양상을 보였다(Fig. 3, 5). IRM군이 다른군에 비해 현저히 넓은 간격을 형성하였고, GI군은 부분적으로 치질과 접촉된 모습과 일정한 간격이 혼재되어 나타나는 양상을 보였으며(Fig. 4), MTA군의 경우에는 혼합시나 충전시에 형성된 기포가 관찰되기도 하나 대부분의 입자들이 치질과 근접하여 위치된 양상을 보였다(Fig. 6).

IV. 총괄 및 고안

일정한 압력하에서 재료를 통과하는 기포를 양적으로 측정하는 fluid transport model은 Pashley 등²⁹⁾에 의해 처음 고안되어 역충전 재료에 대한 연구를 포함하여 몇몇 장기간의 미세누출연구에 사용되어왔다^{31,32)}. 임상적으로 역충전 재료는 수술 후 국소적 출혈과 부종에 의해 어떤 압력 하에 놓이게 된다. 그러나 너무 높은 압력은 임상조건을 나타내기 어렵다. 치수내 arterioles의 압력은 43.35mmHg로 알려져 있다³³⁾. 치근단에서 가장 작은 arterioles의 압력은 43.35mmHg보다 높고 따라서 치근단 역충전 재료에 가해지는 압력은 저작시에 더욱 증가될 수 있지만 정확한 값은 알려져 있지 않다. Wu 등³⁴⁾의 실험에서와 같이 0.1기압(76mmHg)을 사용하여 너무 높지 않고 임상적인 관련성을 가질 수 있도록 하였다.

이 연구의 목적은 치근단 역충전중 혈액에 의한 오염시 치근단 누출을 방지하기 위한 아말감, IRM, glass ionomer cement, MTA의 효과를 비교, 평가하기 위하여 임상상황과 동일하지는 않지만 표준화된 와동을 형성하고 각 재료를 충전하는 방법을 사용하였다. 재료들 사이의 혈액 오염에 의한 효과를 비교하는 것은 실제 임상에서 흔히 일어나는 일이기 때문이다. 치근단 수술시 수술부위의 출혈을 통제하

기 위해 혈관수축제 농도를 증가시킨 국소마취제, 화학적소작, 전기소작, bone wax같은 기계적 차단막등 여러 가지 방법이 사용되지만 이러한 방법에도 불구하고 수술부위의 건조된 상태를 얻는 목표가 항상 이루어지는 것은 아니다. 치근단 와동의 건조시 paper point를 이용할 수 있으나 그 효과는 알려지지 않았고 혈액이나 수분을 제거하기 위해 수술부위에 compressed air를 직접 사용하는 것은 추천되지 않고 있다²⁸⁾.

미세누출을 평가하기 위해 여러 가지 염료를 사용하는 연구가 많이 사용되어 왔으나, 염료에 따라 누출의 결과가 다르게 나타나고 Wu 등³⁵⁾에 의하면 누출 실험에 흔히 이용되는 methylene blue는 충전재와 접촉시 optical density가 감소하는 양상을 보인다고 보고하여 본 실험에서는 fluid transport를 이용한 미세누출을 평가하고자 하였고, 의도적으로 치근와동에 혈액을 오염시켜 임상 상황을 반영하고자 하였다.

Phillips³⁶⁾에 따르면 trituration, condensation등의 조작시 술자의 손에 의해서나 응축시 수술부위의 완전건조가 이루어지지 않아 수분오염이 일어날 수 있다고 하였다. 아연을 함유하고 있는 아말감은 응축시 수분오염이 있을 때 상당한 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 수분오염시 경화팽창이 증가한다. 또한 부식이 증가하게 되는데 이것은 수소 방출로 인한 표면에 pitting을 유발하게 되고 아말감의 강도가 감소되며, 생체적합성에 영향을 미칠수 있다고 한다^{28,36)}. 경화팽창은 아연이 함유되지 않은 아말감에서는 나타나지 않는다. 따라서 수분 오염의 가능성이 있는 부위에서는 아연이 함유되지 않은 아말감의 선택이 고려되어야 하겠다. 한편 아연이 함유되지 않은 아말감은 내부 porosity의 경향이 더 크고, 따라서 물리적 성질이 감소하게 된다고 한다^{28,36)}. Callis 등³⁷⁾에 의하면 varnish를 사용했을 때 아말감의 초기 미세누출을 감소시킬 수 있으나 1주 이상에 있어서는 유의성이 없다고 보고하였고 King 등³²⁾과 Inose 등³⁸⁾도 같은 결과를 보고한 바 있다.

IRM과 같은 산화아연 유지능 계열의 시멘트 또한 수분오염에 의해 영향을 받는다. 수분은 촉진제로 작용하여 IRM의 경화시간을 현저히 감소시킨다. 이것은 재료가 상아질벽과 접촉하기 전에 또는 긴밀하게 접촉하게 적용되기 전에 경화하거나, 재료를 추가하여 충전하고자 할 때 응집성을 갖을 수 없게 하거나 적절한 봉쇄를 얻기 어렵게 한다고 한다²⁸⁾. 본 연구에서 IRM은 혈액의 존재하에서 적절한 봉쇄를 얻을 수 없었고 아말감보다 더 많은 누출양상을 보였다. 이것은 Bondra 등¹²⁾과 Smees 등¹¹⁾의 India ink를 이용한 연구와는 대조적이나, Torabinejad 등²⁸⁾에 의한 methylene blue를 이용한 연구와는 같은 결과를 나타내었다. 그러나 본 연구의 주사전자 현미경 사진의 치질과 IRM 사이의 넓은 간격은 시편제작 과정 중 연마시 치질과의 평행이 유

지되지 않아 다소 과장되어 나타난 것으로 사료된다.

본 연구에서 글래스 아이오노머는 모든 측정시에 아말감이나 IRM에 비해 우수한 폐쇄효과를 보인 것으로 나타났다. 20여년 전 Wilson과 Kent^{13,39)}에 의해 글래스 아이오노머가 치과에 도입된 이래로 치질과 여러 금속에 접착되는 재료의 특성 때문에 여러 수복 및 합착재로 사용되어져 왔다. 상아질과 법랑질에 대한 글래스아이오노머의 접착은 orthograde filling 뿐만 아니라 retrograde sealant로서의 사용에 대한 근거가 될 수 있다. Rahmat 등⁴⁰⁾의 염료를 이용한 미세누출 실험에서 아말감보다 leakage가 적다고 보고하였고 특히 varnish를 도포하였을 때 더욱 줄일 수 있다고 보고하였다. Roth⁴¹⁾의 dye penetration 연구에서도 글래스아이오노머는 우수한 봉쇄력을 나타냈고 주사전자 현미경 관찰에서는 혼합과정에서 형성된 작은 공기방울들이 있지만 재료의 특성에는 영향을 미치지 않으며 상아질과 글래스아이오노머 시멘트 사이에 긴밀한 접촉을 이룬다고 보고하였다. Chong 등⁴²⁾은 세균을 이용한 미세누출연구, 공초점 현미경 관찰, India ink를 이용한 미세누출 연구 모두에서 아말감보다 우수하다고 보고하였으며 역충전재료로서의 가능성을 높이 평가하였다. Jesslen 등⁴³⁾은 임상적으로 아말감과 글래스아이오노머 시멘트 사이에 성공률의 유의한 차이는 없으나 아말감의 치주조직으로의 수은유리가능성 및 부식가능성의 위험을 배제시키고 글래스아이오노머의 적은 미세누출과 높은 생체적합성을 고려할 때 아말감의 대체재로 우수한 특성을 가진다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서와 같이 임상에서는 빈번히 타액 및 혈액에 오염되고 오염시 상아질과의 접착력이 떨어지고 미세 누출이 시간에 따라 증가되기 때문에 시술 시 오염을 최소화하기 위해 노력해야 할 것이며 varnish를 도포하여 누출을 줄이도록 노력해야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에 사용된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 경우 임상에서 광원이 치근단 부위의 충전재에 수직으로 도달하기 어렵기 때문에 조기에 완전히 경화되기 어려울 것이며 따라서 치근단 폐쇄를 효과적으로 이룰 수 있을 지 의문시 된다.

최근 새로운 치근단 역충전 재료로서 주목을 받고 있는 MTA는 본 연구의 혈액 오염시에도 우수한 봉쇄성을 나타냈다. 이는 Torabinejad 등의 연구에서 MTA는 건조된 상태에서나 혈액의 오염이 있을 때 모두에서 단기간의 염료 누출 연구시 그 폐쇄력이 Am, Super-EBA를 능가한다는 보고와 일치한다^{23,28)}. 유사하게 90일 동안의 세균누출 연구에서도 아말감, Super-EBA, IRM에 비해 누출이 적었으며⁴⁴⁾ 생체적합성 연구에서도 Kettering과 Torabinejad 등은 MTA가 nonmutagenic함을 보고하였고⁴⁵⁾, Torabinejad 등은 Super-EBA와 IRM보다 세포독성이 적으며 동물실험에서 MTA는 재료위로 백악질 형성을 허용하는 유일한 물질로 보고되었다^{46,47)}. guinea pig^{48,49)}와 개⁴⁶⁾, 원숭이⁴⁷⁾ 등에

매식되었을 때 높은 생체적합성을 보였으며 실험적으로 인간 osteoblast에 작용하여 cytokine 분비⁵⁰⁾와 interleukin 생성⁵¹⁾을 촉진한다고 보고되었다. Sealing ability^{23,28,44)}와 더불어 생체적합성 및 antimicrobial effect 등²⁷⁾을 고려할 때 MTA는 치근단 역충전 재료로서 많은 잠재성을 가진 재료로 사료된다. 그러나 본 연구에서 임상상황과 유사하게 재현하고자 노력하였으나, 동물실험이나 실험실에서 인 상적인 결과가 사람에게서 항상 좋은 결과로 이어지는 것은 아니며, 실제 사람에서의 반응은 다양할 수 있으므로 in vivo 상에서의 더 많은 연구와 장기간의 관찰이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 치근단 외과적 시술 시 사용되는 역충전 재료의 혈액 오염시 치근단 폐쇄 효과에 미치는 영향을 평가하기 위하여 발거된 단근치 50개를 길이 5mm 내부 직경 3mm의 hole을 형성하고 각각 혈액 오염시킨 후 아말감, Fuji II LC GI, IRM, MTA를 충전하고, 음성 대조군은 AH26으로 충전한 후 nail polish를 도포하고, 양성 대조군은 sealer를 사용하지 않고 Obtura II를 이용하여 gutta-percha를 충전하여 실험하였다. 누출 측정은 modified fluid transport method를 이용하여 다음과 같은 실험결과를 얻었다.

1. MTA군은 시간이 경과함에 따라 gross leakage(20) μ l가 감소하는 경향을 보이는 반면 AM, GI, IRM군은 시간이 경과함에 따라 gross leakage가 증가하는 경향을 보였다.
2. 모든 측정시에 GI군의 leakage는 AM군, IRM군에 비해 통계학적으로 유의할 만하게 낮았다(p<0.05).
3. 4주 측정시 MTA군의 gross leakage는 0%까지 감소하였고, 실험 종료 시 까지 낮은 수준을 유지하였다. 반면 IRM군은 100%까지 증가하였다.
4. 12주 측정시 MTA군의 gross leakage(0%)는 GI군(40%), AM군(90%), IRM군(100%)에 비해 통계학적으로 유의할 만하게 낮았으나(p<0.05), AM군과 IRM군간의 통계학적 유의성은 없었다(p>0.05).

참고문헌

1. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K.: Factors affecting the long term results of endodontic treatment. J Endodon 16: 498-504, 1990.
2. Ingle J. I. and Backlund L. K.: Endodontics, 4th ed, Lea & Febiger Book, Philadelphia 689-763, 1994.
3. Baumgartner J. C. and Galkler, W. A.: Bacteria in the apical 5mm of infected root canals. J. Endodont, 17: 380-383, 1991.

4. Harty FJ, Parkins BJ, Wengrat AM: The success rate of Apicoectomy, A retrospective study of 1016 case. *Br. Dent. J.* 129: 407-418, 1970.
5. Gartner A and Dorn S: Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 36: 357-78, 1992.
6. 조용범, 홍찬의, 신동훈: 수중 치근단 역충전재가 치근단 조직 함유에 미치는 영향. *대한치과보존학회지*, 20(1): 17-32, 1995.
7. Rud J, Andreason JO, Jensen JEM: Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1: 195-214, 1972.
8. Dorn SO, Gartner A.: Retrofilling materials : a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endodon* 16: 391-3, 1990.
9. Frank AL, Click DH, Paterson SS and Weine FS: Long-term evaluation of surgically placed amalgam fillings. *J Endodon* 18: 391-8, 1992.
10. Rapp EL, Grown CE, Newton CW: An analysis of success and failure of apicoectomies. *J Endodon* 17: 508-12, 1991.
11. Smee G, Bolanos OR, Morse DR, Furst MF, Yesilsoy C.: A comparative leakage study of P-30 resin bonded ceramic, Teflon, amalgam, and IRM as retrofilling seals. *J Endodon* 13:117-21, 1987.
12. Bondra DL, Hartwell GR, Macpherson MG, Portell FR.: Leakage in vitro with IRM., high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. *J Endodon* 15:157-60, 1989.
13. Wilson AD, Kent BE.: A new translucent cement for dentistry. *Br Dent J* 132: 133-5, 1972.
14. Tobias RS, Brows RM., Plant CG, INgram DW.: Pulpal response to a glass ionomer cement. *Br Dent J* 144:345-50, 1978.
15. Pitt Ford TR, Robers GJ: Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. *Int Endod* 23:223-8,1990.
16. Abdal Ak, Retief DH: The apical seal via the retrosurgical approach (1. A Preliminary study). *Oral Surg* 53:614-21, 1982.
17. Ruyter, I.E. and Sjøvik, I.J.: Monomer composition of dental composites and sealants. *J Dent Res*, 57(spec. iss.):249, abstr. 700, 1978.
18. Rueggeberg, F.A. and Craig, R. G.: Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *Dent Res.*, 67:932-937,1998.
19. Asmussen, E.: Restorative resins: hardness and strength vs quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res* 90: 484-89, 1982.
20. Blackman R, Gross M, Seltzer S: An Evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. *J Endodon* 15: 76-9, 1989.
21. Pissiotis E, Sapounas G, Spangberg LSW: Silver glass ionomer cement as a retrograde filling material : a study in vitro. *J Endodon* 17:225-9, 1991.
22. Christopher F, Bates, David L, Carnes, Barlos E. del Rio: Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material.
23. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR.: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endodon* 19:591-5, 1993.
24. Torabinejad M, Dby Wc, Naidorf IJ: Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J Endodon* 11:479-88,1985.
25. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD: Cytotoxicity of four root end filling materials on mouse L929 cells. *J Endodon* 19:203, 1993.
26. Hong Cu, McKendry DJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M: Healing of furcal lesions repaired by amalgam or mineral trioxide aggregate. *J Endodon* 29: 197, 1994.
27. Torabinejad M, Hong CU, Kettering JD: Antibacterial effects of some root end filling materials *J Endodon* 19:200, 1993.
28. Mahmoud Torabinejad, Robert K. Higa, Douglas J. McKendry, and Thomas R. Pitt Ford.: Dye leakage of four root end filling materials: Effects of blood contamination *J Endodon* 20(4): 159-63, 1994.
29. Pashley DH, Thompson SM., Stewart FP.: Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *J Dent Res* 62:956-9, 1983.
30. Wu M-K, De Gee AJ, Wesselink PR.: Leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J* 27: 304-8, 1994.
31. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME.: Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent*56:435-40, 1986.
32. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA.: Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endodon*16:307-10, 1990.
33. Trowbridge HO, Kim S.: Pulp development, structure and function. *Pathways of the pulp*. 6th ed. St. Louis, Mosby, 322-5, 1994.
34. Min-Kai Wu, Evangelos G. Kontakiotis, Paul R. Wesselink.: Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endodon* 1998 : 24(8) 557-560.
35. M.-K. Wu, E.G., Kontakiotis, P. R. Wesselink.: Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dentistry* 26: 585-589, 1998.
36. Philips RW.: *Skinner's science of dental materials*. 7th. ed. Philadelphia WB b Saunders. 1973.
37. P. D. Callis, G. Mannan.: Microleakage of retrograde fillings: assessment using a novel measurement system. *J Endodon* 20(11):555-57, 1994.
38. Inose S, Yoshimura M, Tinkle JS, Marshall FJ.: A 24-week study of the microleakage of four retrofilling materials using a fluid filtration method. *J Endodon* 17:369-75, 1991.
39. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD.: The properties of glass ionomer cement. *Br. Dent J* 135: 322-6, 1973.
40. Rahmat A, Barkhordar, Roger B, Pelzner, Marvin M. Stark, Fran.: Use of glass ionomers as retrofilling materials *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 67: 734-9, 1989.
41. Stephan Roth.: A laboratory study of glass ionomer cement as a retrograde filling material. *Australian Dental J* 36(5): 384-90, 1991.
42. B. S. Chong, T. R. Pitt Ford, F. F. Watson, R.F. Wilson.: Sealing ability of potential retrograde root filling materials. *Endod Dent Traumatol* 11: 264-69, 1995.
43. Per Jesslen, Lars Zetterqvist, and Ander Heimdahl, Huddinge, Sweden.: Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Pathol Oral Radilol Endod* 79: 101-3, 1995.
44. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR.: Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endodon* 21:109-12, 1995.
45. Kettering JD, Torabinejad M.: Investigation of muta-

- genicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endodon* 21:537-42, 1995.
46. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR.: Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endodon* 21:603-8, 1995.
 47. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP.: Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endodon* 23: 225-8, 1997.
 48. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP.: Tissue reaction to implanted SuperEBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endodon* 21:569-71, 1995.
 49. Torabinejad M, Pitt Ford TR, Abedi HR, Tang HM.: Tibia and mandible reaction to implanted root-end filling material. *J Endodon* 23: 263, 1997.
 50. Koh ET, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F.: Mineral trioxide aggregate stimulates cytokine production in human osteoblasts. *J Bone Min Res* 10S: S406, 1995.
 51. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M.: Cellular response to Mineral trioxide aggregate. *J Endodon* 24: 543-7, 1998.

사진부도

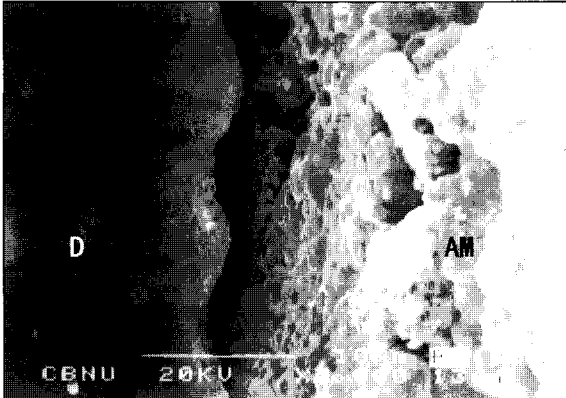


Fig. 3. A SEM photograph of Am (×3,000)

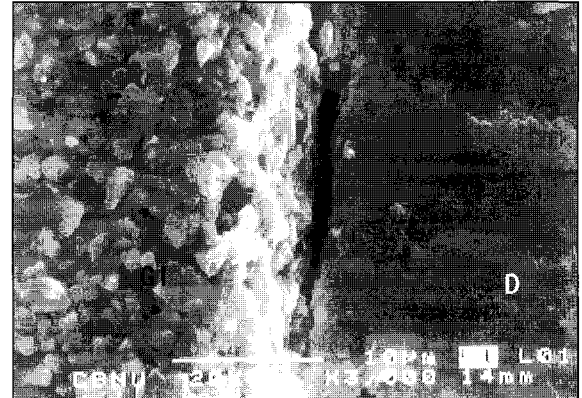


Fig. 4. A SEM photograph of GI (×3,000)

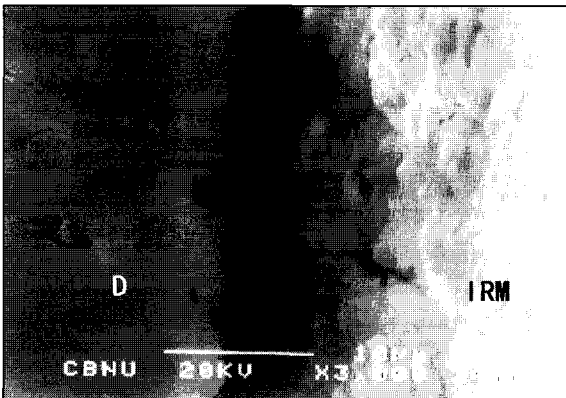


Fig. 5. A SEM photograph of IRM (×3,000)

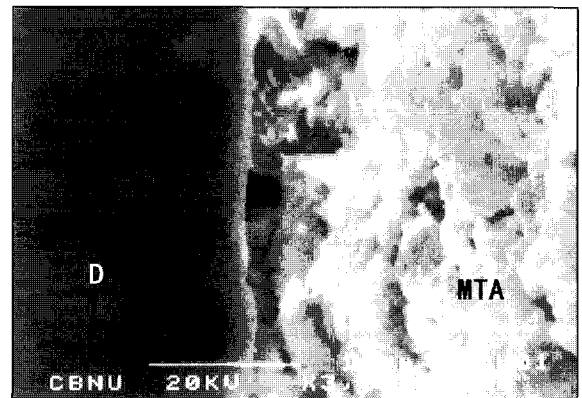


Fig. 6. A SEM photograph of MTA (×3,000)