

각종 근관충전용 시멘트의 미세누출에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보존학교실

조지선 · 황호길 · 조영곤

Abstract

A STUDY ON THE MICROLEAKAGE OF ROOT CANAL SEALERS

Cho, Ji-Sun, D.D.S, Hwang, Ho-Keel, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Cho, Young-Gon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry, Graduate School, Chosun University

The purpose of this study was to compare the degree of microleakage of Glass-Ionomer root canal sealer possessed several enviable properties with that of the other sealers and to evaluate clinical performance.

One hundred twenty single-rooted teeth were used in this experiment. The teeth were cleaned mechanically and immersed for 24 hours in 5.25% sodium hypochlorite and clinical crowns then were removed. After the root canals were instrumented using a step-back technique, one hundred twenty single-rooted teeth were divided into five groups of 24 in each.

Group 1 : Tubli-Seal(Kerr Co., MI, U.S.A/ZOE-based), lateral condensation

Group 2 : Sealapex(Kerr/Sybron, Romulus, MI/ Ca(OH)₂-based), lateral condensation

Group 3 : AH 26(De Trey Co., Zurich Switzerland/Resin-based), lateral condensation

Group 4 : Ketac-Endo(ESPE GMBH & CO. KG Seefeld:oberbay, Germany/Glass Ionomer Cement-based), lateral condensation

Control group : no sealer, lateral condensation

And then, the root canals were obturated by lateral condensation technique with gutta-percha and experimental sealers. The control group were obturated without sealer. The teeth were placed in a vacuum chamber for 15 minutes and immersed 2% methylene blue under vacuum for 15 minutes. The teeth were

passively stained for 1 week and 2 weeks and were cleared and evaluated for linear dye leakage using Tool maker's microscope($\times 200$).

The results were as follows:

1. There were statistically significant differences in the degree of dye penetration between the control group and experimental groups($p < 0.05$).
2. In the experimental groups, Sealapex($1.2871 \pm 0.9180\text{mm}$) exhibited the lowest mean value of dye penetration, followed by Ketac-Endo($1.4432 \pm 0.8082\text{mm}$), AH 26($1.5030 \pm 0.7752\text{mm}$) and Tubli-Seal($1.6458 \pm 1.0292\text{mm}$)($p > 0.05$).
3. There were statistically significant differences in the variation of microleakage between 1week and 2weeks in Tubli-Seal and Sealapex groups ($p < 0.05$).
4. The degree of dye penetration of all groups were increased as the time elapsed and AH 26 showed the lowest variation($+0.11$) and Tubli-Seal ($+1.03$) showed the highest variation($p < 0.001$).

I. 서 론

근관치료의 성공은 정확한 진단 후, 근관의 세심한 세척과 함께 적절하게 형성된 근관을 완전히 폐쇄³⁴⁾하는 데 있다. 그러나, 기계적 세척과 소독제의 적용이 세균의 양을 감소시키기는 하나 완전히 제거할 수는 없으므로 근관치료의 최종 단계인 근관충전시 완전한 폐쇄를 이루어 근관내의 단백질분해산물, 세균 및 세균독소 등의 누출을 차단함으로써 치근단 조직의 치유를 촉진시키는 환경을 조성해 주어야 한다^{5 22,39)} Ingle 등^{29,34,42,76)}은 완전히 충전된 근관은 근관이 유해물질의 저장소로 작용하거나 치근단 누출이 발생하는 것을 방지해 주고, 조직치유에 대한 조건을 향상시키므로 근관치료의 궁극적인 목적^{29,34,42)}은 근관의 전체적인 폐쇄라고 했다. 이러한 이유로 근관폐쇄의 질을 향상시키기 위해 수많은 근관의 충전방법, 충전재 및 근관충전용 시멘트 등이 끊임없이 연구개발되어 왔다.

1867년 Bowman에 의해 처음 소개^{29,42 76)}된

Gutta Percha(G-P)는 영구성과 불규칙한 모양의 근관벽에 대한 충전능력 때문에 근관충전시 사용되는 충전재로서 가장 널리 사용^{29,49)}되고 있으며, G-P를 단독으로 사용하는 것보다는 시멘트를 함께 사용하는 것이 불규칙한 근관을 폐쇄하는 데 효율적이라는 것이 여러 연구들^{12,42 43,46,53,67)}을 통해 입증되어 왔다. 시멘트는 충전재와 근관벽사이의 불규칙한 부분을 채워주고, 윤활제 작용을 하여 근관내에 충전재를 위치시키는 데 도움을 주며 충전재를 근관벽에 고착시키는 역할²⁹⁾을 한다.

현재 시판되고 있는 근관충전용 시멘트⁴²⁾로는 산화아연 유지놀 계통이 가장 많이 사용되고 있으며, 비유지놀계 시멘트로서 에폭시 접착제가 함유된 레진계 시멘트가 있고, 그 외 수산화칼슘계 등이 있으며, 최근에는 글라스 아이오노머 시멘트의 우수한 특성을 포함한 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트계가 개발되었고, 접착성 레진도 근관충전용 시멘트로서의 임상적 적용이 평가⁵⁾되고 있다.

산화아연 유지놀계는 1858년 Sorel⁷⁶⁾에 의해 개발된 후, Richert등⁶⁰⁾와 Wach등⁷⁴⁾에 의해 근관충전재로 사용할 수 있는 형태로 개량되었으나, 이는 Grossman³⁹⁾이 제시한 근관충전용 시멘트가 갖추어야 할 여러가지 요건에는 미비한 점이 많았다. 그래서, 1958년 Grossman에 의해 이 결점을 보완한 새로운 산화아연 유지놀 시멘트가 개발되어 오늘날 널리 사용되고 있다.

수산화칼슘 시멘트는 1920년대에 Hermann⁴⁰⁾에 의해 처음 소개된 후에, 치수의 생활력 보존이나 근관치료 영역에서 근점형성(apexification)^{83,86)}, 흡수억제(resorption), 치근천공(perforation), 그리고 근관충전재로서 널리 사용⁶¹⁾되고 있다.

레진계 시멘트는 1952년 Diket에 의해 처음 개발되었으며, Gutta percha없이 압력주사법(pressure syringe technique)으로 충전하거나 단일 cone 충전법에 이용되기도 한다.

글라스 아이오노머 시멘트는 1960년대 중반에 처음 개발^{58,78,79)}된 이후 1972년에 Wilson과 Kent 등^{78,79)}에 의해 치과계에 소개되었다. 이 시멘트는 우수한 조직적합성, 불소이온 유리기 방출⁶³⁾, 상아질에 결합하는 독특한 능력⁵⁷⁾ 등 몇 가지 우수한 특성을 가지고 있기 때문에 Gutta Percha와 함께 근관충전용 시멘트로 사용할 가치가 있는 것으로 사료되며^{56,85)}, 이러한 장점 때문에 최근 ESPE사에 의해 개발되었다.

개발된 근관충전용 시멘트를 임상에 적용하기 전 여러 학자들에 의해 이의 생체적합성, 물리적 성질, 미세누출 정도 등에 관한 연구가 시행되고 있는 바, 여러가지 근관충전용 시멘트의 근관 폐쇄효과를 평가하기 위해서는 근단공에서의 누출 정도를 정확히 측정할 필요가 있으며, 그 방법으로 색소침투법^{2,14,32,33,37)}, 방사선 동위원소법^{23, 81)}, 미생물의 이용, 공기압력법, SEM⁷⁵⁾, 전기화학법(electrochemical method)⁵²⁾, 방사화분석법(Neutron Activation Analysis)^{3,4)} 등이

있으며, 이 중 색소침투법과 방사선 동위원소법이 흔히 사용된다.

이러한 미세누출 측정법을 이용하여 개발된 근관충전용 시멘트에 대한 폐쇄정도가 꾸준히 연구되어 온 바, Callis등²⁸⁾, Pitt Ford⁵⁶⁾와 Saunder등⁶²⁾은 글라스 아이오노머 근관충전 시멘트가 다른 시멘트보다 우수한 폐쇄를 제공한다고 보고한 반면, Smith⁶⁴⁾는 Roth's 801이 Ketac-Endo보다 훨씬 더 우수한 폐쇄능을 제공한다는 것을 발견했다. 또한, Brown등²⁶⁾은 글라스 아이오노머 시멘트와 Roth's 801의 근단부 미세누출을 비교한 결과 통계학적으로 유의성이 없다고 보고한 바 있다.

위와 같이, 최근 개발된 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트와 기존의 시멘트들과의 미세누출에 관한 상반된 논란이 계속되어 오고 있으며, 근관폐쇄의 질을 좌우하는 요인 중의 하나인 근관충전용 시멘트가 다양하게 연구개발되고 있으나 완전한 폐쇄를 가져올 완벽한 방법과 재료는 현재까지는 존재하지 않는 실정이다. 이에 저자는 여러가지 장점을 가지고 최근에 개발된 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트의 미세누출 정도를 기존의 다른 시멘트들과 비교하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에서는 최근에 발거된 단근치 120개를 생리식염수에 보관한 후 실험 전 24시간동안 5.25% NaOCl에 담궈 둔 다음, 치근표면에 부착되어 있는 잔사와 치석을 scaler로 제거했다.

근관치료과정을 원활히 수행하도록 하기 위하여 고속용 다이아몬드 바로 모든 치아의 치관부를 CEJ에서 절단했다.

근관형성기구로는 K-file과 Gate Glidden drill(Maillerfer Co., Swiss)을 사용하였고,

근관내로 근관충전용 시멘트를 주입시키는 데는 Paste Carrier(Mani Co., Japan)를 이용하였으며 Sealer로는 Tubli-Seal(Kerr Co., MI, U.S.A), Sealapex(Kerr/Sybron, Romulus, MI, U.S.A.), AH 26(De Trey Co., Ltd., U.S.A.), Ketac-Endo(ESPE GMBH & CO. KG Seefeld/oberbay, Germany)를 사용하여 근관을 충전한 다음 IRM(Type, III, Class 1, Dentsply, U.S.A.)으로 치관부를 임시 가봉하였다.

2. 실험 방법

절단된 치근의 치수조작을 제거한 후 10번 file 을 이용하여 근단공 개방을 확인하고 근관장을 측정한다. 다음 그 길이에서 1mm 짧게 작업장을 결정하여, 순차적인 크기의 기구를 사용해서 40번 크기까지 근관을 형성한 후, 55번까지 step-back 방법으로 확대했다. 2번, 3번 Gate Glidden bur를 사용하여 치관측 2/3를 완성하였다.

세척액으로는 5.25% NaOCl을 사용하였으며, 근관 형성이 끝난 후에는 근단공의 개방을 확인하기 위하여 10번 file을 근단공 넘어서까지 관통시킨 다음 근관을 건조시켜 각각 24개씩 대조군과 실험군으로 분류하였다(Table 1).

각 군에 해당되는 시멘트는 Paste Carrier를 이용하여 근관내로 충분히 주입시킨 다음 측방가

압법을 이용하여 G-P를 충전하였다.

과도한 G-P를 치관부로부터 1-2mm 깊이까지 제거한 후, 그 부위에 IRM을 채우고 시멘트가 완전히 경화되도록 하기 위하여 37°C, 100% 습도하의 항온기에서 48시간 동안 저장했다. 항온기에 저장된 치아를 꺼내어 완전히 건조시킨 다음 근단부 1-2mm를 제외한 치근면 전체에 2겹의 nail varnish를 도포하고 완전히 건조시킨 후, 흡입된 기포를 제거하기 위하여 15분간 진공상태를 유지하고 2% methylene blue에 침잠시킨 상태에서 다시 15분 동안 진공상태를 지속시킨 다음, 대기압하에서 침잠상태를 유지시키면서 1주, 2주 간격으로 12개씩의 치아를 꺼내어 세척하고 치근표면의 nail varnish를 제거하였다. 절단하기에 용이하도록 치아를 투명레진에 포매한 후, 고속엔진용 다이아몬드 바로 치근을 종축절단하고 Tool maker's microscope($\times 200$)를 이용하여 색소의 선상 침투정도를 충전된 G.P cone의 근단부로부터 최고 치관측 확장 범위까지 0.001mm단위로 측정했다.

얻어진 수치의 통계처리는 재료에 따른 미세누출은 One-Way ANOVA(일원 변량분석법)로 분석하고 Duncan's multiple test로 사후검정하였으며, 시간에 따른 재료의 미세누출은 Paired t-test를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Group classification with varying root canal sealers

Group	Brand of Sealer	main constituent	Filling method
Group 1	Tubli-Seal	Zinc Oxide Eugenol	Lateral condensation
Group 2	Sealapex	Calcium Hydroxide	Lateral condensation
Group 3	AH 26	Epoxy Resin	Lateral condensation
Group 4	Ketac Endo	Glass Ionomer Cement	Lateral condensation
Control	No Sealer		Lateral condensation

Ⅲ. 실험 성적

모든 시편에서 색소침투가 나타났으며, 같은 실험군에서도 상당한 차이가 있었다. 각 재료에 대한 미세누출의 평균은 실험 1군에서는 $1.6458 \pm 1.0292\text{mm}$, 실험 2군에서는 $1.2871 \pm 0.9180\text{mm}$, 실험 3군에서는 $1.5030 \pm 0.7752\text{mm}$, 실험 4군에서는 $1.4432 \pm 0.8082\text{mm}$, 대조군에서는 $6.9952 \pm 3.0018\text{mm}$ 로 나타났다(Table 2)(Fig. 1). One-way ANOVA로 통계처리한 결과 시멘트를 사용한 실험군보다 사용하지 않은 대조군에서 미세누출이 컸으며($p < 0.001$), 실험군간에는 Selapex, Ketac-Endo, AH 26, Tubli-

Seal순으로 미세누출이 커졌으나, 통계학적인 유의성은 없었다(Table 3).

전체 시편에서 시간의 경과에 따라 미세누출이 증가하였으며, 그 중 AH 26이 +0.11로 1주와 2주간의 가장 적은 차이를 보였고 Tubli-Seal이 +1.03으로 가장 큰 차이를 보였다($p < 0.001$) (Table 2)(Fig. 2). Paired t-test로 각각의 재료마다 1주, 2주의 평균값을 통계처리한 결과, Tubli-Seal과 Sealapex에서만 기간에 따른 통계학적인 유의성이 있었다($p < 0.05$) (Table 2).

Table 2. The degree of dye penetration according to time interval (unit : mm)

Group	Number	1 week	2 weeks	Mean	Difference/Significance
Group 1	24	1.13	2.16	1.65	+1.03 / *
Group 2	24	0.83	1.74	1.29	+0.89 / *
Group 3	24	1.45	1.56	1.50	+0.11 / NS
Group 4	24	1.22	1.67	1.44	+0.45 / NS
Control	24	6.80	7.17	7.0	+0.37 / NS

* : significantly different($p < 0.05$)

NS : Not Significant

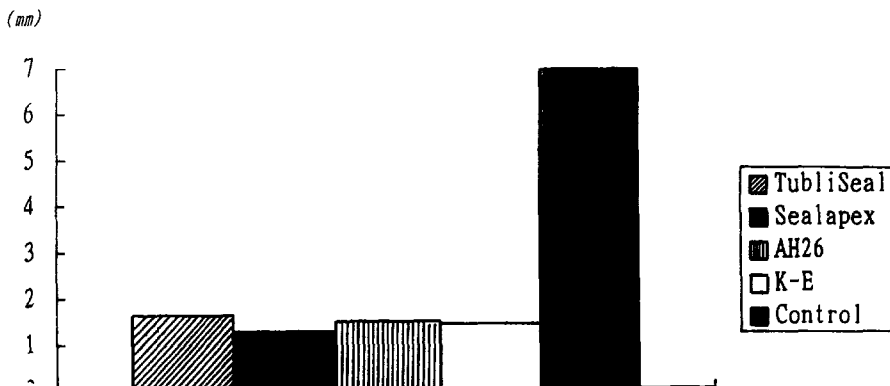


Fig. 1 The degree of dye penetration

Table 3. Statistical differences between groups by the degree of dye penetration

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Group 1	-				
Group 2	NS	-			
Group 3	NS	NS	-		
Group 4	NS	NS	NS	-	
Control	*	*	*	*	-

* : significantly different by Ducan's multiple test($p < 0.05$)

NS : Not Significant

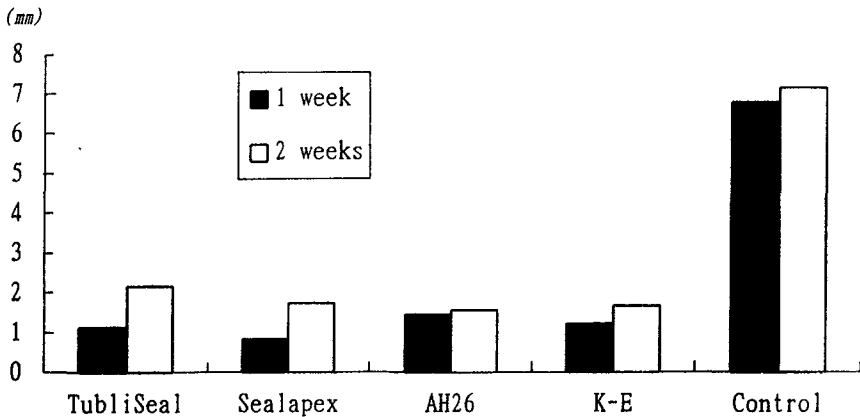


Fig. 2 The degree of dye penetration according to time interval

IV. 총괄 및 고안

근관치료의 궁극적인 목적은 근관을 세척하고 삼차원적으로 형성된 공간을 폐쇄하는 데 있으며, 근관충전용 시멘트는 근관충전의 폐쇄효율을 증가시킨다. 이상적인 근관충전용 시멘트³⁹⁾는 근관벽에 좋은 적합성이 있어야 하고 경화시간이 충분해야 하며, 긴밀한 폐쇄를 이룰 수 있어야 하고 분말입자가 미세해서 혼합이 쉬워야 하며, 방사선에 불투과성이고 경화시 수축하지 않아야 하며 정균작용과 생체적합성이 있어야 하고, 체액

에 용해되지 않아야 하며 치질에 착색이 되지 않아야 하고 제거하기에 용이해야 한다.

이러한 이상적인 조건을 갖춘 근관충전용 시멘트를 개발하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔으며, 개발된 시멘트에 대한 연구^{13,38)}가 여러 학자들에 의해 꾸준히 이루어져 왔다. 1858년 Sorel에 의해 산화아연 유지놀 계통이 사용된 이래⁷⁶⁾의 단점을 보완한 Grossman 시멘트가 개발되었고, 그 이후 1920년대에 수산화칼슘 시멘트, 1952년에 레진계 시멘트가 소개되었으며 1991년 ESPE사에 의해 글라스 아이오노머 시

멘트계인 Ketac-Endo(ESPE GMBH & CO. KG Seefeld/oberbay, Germany)가 최초로 개발되었다²⁹⁾.

개발된 근관충전용 시멘트를 임상에 적용하려면 그 시멘트의 생체적합성, 물리적 성질, 미세 누출 정도 등 이상적인 시멘트가 갖추어야 할 조건이 어느 정도 규명되어야 하는 데 이 중 근관충전용 시멘트의 생체적합성은 근관치료의 임상적 성공에 중요한 역할을 한다. 독성이 있는 재료는 근단조직의 치유를 지연시키거나 염증성 조직반응을 야기할 수 있으며²⁰⁾, 세포배양술을 이용한 대부분의 이런 연구⁵⁴⁾를 통해 최초로 개발된 ZOE계가 유지놀 성분때문에 세포독성이 매우 심하다고 보고된 바^{68,83,86)}, 유지놀을 대체하려는 시도가 이루어져 왔다²⁰⁾. Tronstad등⁷⁰⁾은 수산화 칼슘계인 Sealapex보다 ZOE계인 Roth's 801의 생체적합성이 더 좋았다고 보고한 반면, Tagger 등^{68,83,86)}은 Sealapex가 Grossman's sealer보다 미약한 염증반응을 나타냈다고 하였다. 국내에서의 연구 동향으로 임 등^{13,22)}은 AH 26이 Tubli-Seal이나 Sealapex보다 약한 세포독성을 나타낸다고 보고한 바 있고 이등¹¹⁾은 Tubli-Seal, N2, AH 26, Sealapex를 비교한 결과 Sealapex가 가장 낮은 세포독성을 나타냈으며, Tubli-Seal이 가장 높은 세포독성을 보인다고 하였다. 권등¹⁾은 수종의 근관충전용 시멘트의 항균력을 비교한 결과 N2, ZOE, AH 26, Tubli-Seal순으로 항균력이 작아진다고 보고하였다. 한편, Blackman등²⁴⁾, Zmener등⁸⁵⁾과 나등⁶⁾은 글라스 아이오노머 근관충전용 시멘트의 생체적합성에 관한 연구에서 초기에는 글라스 아이오노머 근관충전용 시멘트가 다른 시멘트에 비해 좋은 결과를 보인 반면, 오랜 기간이 지난 후에는 유사한 반응을 나타냈으나, 글라스 아이오노머 주변에는 신생골이 생긴다고²⁴⁾ 하

였으며, Trope등⁷²⁾은 글라스 아이오노머 시멘트는 오랜 기간동안 불소이온을 방출하여 근관 치료에 있어 훌륭한 항세균 특성을 유지한다고 하였다.

Branstetter등²⁵⁾, Caicedo등²⁷⁾과 Weisman⁷⁷⁾은 근관충전용 시멘트의 물리적 성질에 대해 보고한 바 있는 데, 근관충전용 시멘트의 접착 기전은 화학적 결합을 제외하고는 시멘트와 치아 기질사이의 기계적인 결합이라고 하였으며, AH 26과 Tubli-Seal의 접착력은 유사하나 AH 26은 시간이 지남에 따라 증가하는 데 이는 수분 흡수로 인해 체적이 팽창된 결과 근관으로 시멘트를 치밀하게 밀어 넣음으로써 기계적인 결합을 증진시킨다고 하였다. 반면, 장등¹⁵⁾은 상아질에 대한 부착성과 유동성의 면에서는 AH 26이 우수하나 경화시의 크기변화가 심한 것으로 나타났으므로 근관내벽의 상아질표면의 처리가 부적당한 경우 심한 누출을 나타낸다고 보고하였다.

또한 장등¹⁵⁾은 수산화칼슘계 시멘트는 체적 변화량이 비교적 적고, 유동성이 우수하며 어느 정도의 상아질에 대한 부착성과 자체강도를 보여 전반적으로 사용 가능성이 있다고 보고한 반면, Holland 등^{41,70)}은 기존의 산화아연 유지놀보다 체적변화가 적다고 보고한 바 있다.

한편, Callis등²⁸⁾, Pitt Ford⁵⁶⁾, Ray등⁵⁸⁾과 Smith⁶⁴⁾는 글라스 아이오노머 근관충전용 시멘트와 Grossman's sealer 등 다른 시멘트와의 특성을 비교한 결과 글라스 아이오노머가 경화시간, 조작의 용이성, 방사선 불투과성, 그리고 근관벽에 대한 적합성에 있어서 더욱 우수하다고 하였으며, 이러한 결과는 글라스 아이오노머 시멘트가 상아질과 화학적인 공유결합을 하여 근단부 누출과 세균의 침투를 방지하는 데 영향을 미친 결과라고 하였다. Maldonado등⁵⁰⁾은 글라스 아이오노머 시멘트의 물리적인 특성 즉, 불소를 방출하며⁵⁹⁾, 법랑질과 상아질에의 결합력⁵⁷⁾, 그리고

폐쇄능력 등이 우수하다고 보고하였다.

Saunders⁶³⁾과 Trope 등^{71,72)}은 글라스 아이오노머 근관충전용 시멘트는 상아질에 화학적으로 결합하기 때문에 Roth's 801보다 근관치료받은 치아의 치근과절에 대한 저항성이 강하다고 하였으며, 이러한 장점은 근관치료의 가장 심각한 합병증 중의 하나인 치아의 수직 치근과절에 대해 치근을 강화시키기 때문에 근관충전용 시멘트로서 글라스 아이오노머 시멘트는 가치가 있다고 하였다. 반면, Moshonov⁵⁵⁾은 글라스 아이오노머 시멘트가 상아질과 직접 결합하기 때문에 재근관치료시 ZOE계나 레진계보다 많은 시간이 필요하다는 단점을 보고하였으나, 이런 결합이 근관을 재치료하는 데 불리함에도 불구하고 치근을 강화시키고 더 좋은 폐쇄능력을 갖기 때문에 충분한 가치가 있다고 보고하였다.

근관충전용 시멘트의 용해도도 근단부 폐쇄에 상당한 영향을 미치는 요소로서, Yates⁸¹⁾은 Tubli-Seal은 기간에 따라 누출정도에 변화가 없다고 한 반면, Von Fraunhofer⁷³⁾은 Tubli-Seal은 용해도가 크고 AH 26은 적은 용해도를 보인다고 하였다. 또한 최¹⁷⁾은 Seal-apex, Roth's 801은 시간의 경과에 따라 누출값이 증가했다고 하였으며^{17,29,41,70)}, Saunders⁶³⁾은 글라스 아이오노머 시멘트를 이용하여 근관충전을 하였을 경우 기간에 따른 미세누출의 차이가 없는 것으로 미루어 글라스 아이오노머 시멘트의 용해도가 낮음을 주장했다. 본 연구에서도 이러한 선행의 연구에서와 마찬가지로 Tubli-Seal이 기간에 따른 미세누출의 차이가 가장 크게 나타났으며, AH 26과 Ketac-Endo의 변화량이 가장 적었다.

다양한 충전재료와 충전방법이 미세누출에 미치는 영향을 평가하기 위하여 여러가지 미세누출 측정방법을 사용하고 있는데 재료의 미세누출을 측정하는 방법으로는, 색소침투법^{22,47,63,69,80)} 방사선 동위원소법^{45,81,84)}, 미생물의 이용법, 공

기압력법, SEM^{18,58)}, 전기화학법(electrochemical method)⁵²⁾, 방사화분석법(Neutron Activation Analysis)^{3,4)} 등이 있으며, 이 중 색소침투법과 방사선 동위원소법이 흔히 사용되고 있다. 그러나, 방사선 동위원소법은 방사선사진의 해상도, 사용된 동위원소의 종류와 농도, 감광제의 종류와 노출시간 및 현상과정 등 변수^{5,8)}가 많을 뿐 아니라, Matloff⁵¹⁾에 의하면 방사선 동위원소는 치근단부보다 methylene blue보다 색소 침투력이 낮아서 치관부측으로 향하면서 농도가 감소하였으나, methylene blue는 일정한 농도로 나타나 methylene blue가 사용하기에 더 편리하다고 하였다. Kwan⁴⁸⁾은 여러가지 색의 ink를 사용한 결과 Indian ink를 제외하고는 모든 ink가 탈수과정 동안 용해되었음을 제시하였으나, Matloff⁵¹⁾에 의하면 색소침투력에 있어서는 methylene blue가 더 우수하다고 보고된 바 있다.

또한 색소침투법에는 침투한 거리를 직접 재는 정선적 방법과 분광광도계를 이용하여 누출된 색소의 양을 측정하는 정량적 방법¹⁹⁾이 있는데, 백과 조 등^{8,32,43,49)}은 선상 측정법과 양적인 측정법간에 상관관계가 있다고 보고하였다.

이와 같이 염색액을 이용한 정선적 색소침투방법이 비교적 효과적⁵¹⁾으로 평가되어온 바, 본 실험에서는 충전된 치아를 2% methylene blue용액에 침잠시켜 선상 미세누출정도를 측정하였다. 또한, Goldman³⁵⁾, Spangberg⁶⁵⁾, Rickert⁶⁰⁾과 Spradling⁶⁶⁾은 흡입된 공기가 색소침투에 미치는 영향을 조사하기 위하여 한 군은 색소를 수동적으로 확산시키고 다른 군은 100 mtorr의 진공상태에서 침투시켜 입체현미경하에서 흡입된 공기의 제거유무를 평가하여 진공상태에서 색소를 침투시킨 군에서만 색소가 완전히 흡수된 것을 관찰하고, 색소침투법을 이용한 연구에서는 색소를 침투시키기 전에 흡입된 공기를 완전히 제거해야 할 것을 주장하

였다. 이에, 흡입된 공기가 색소침투실험에 미치는 영향을 배제하기 위하여 침잠 전 15분간 진공 상태를 유지시키고 methylene blue에 침잠된 상태에서 다시 15분간 진공상태에 두었다.

한편, Delivanis³⁰⁾은 색소 침투시간에 따른 보고에서 색소 내에 침잠 후 10일까지는 급속한 색소침투가 일어나고 11일부터 14일 까지 최고에 이르며 그 후에는 일정수준을 유지한다고 보고한 바, 최고 수준으로 침투한 후의 상태를 평가하기 위하여 본 실험에서는 14일까지 침잠시켰다.

근관 충전용 시멘트들 간의 미세누출에 관한 수많은 문헌³⁷⁾들이 보고된 바 있으나, 동일한 재료에 대해서도 연구들 간에 다른 결과를 보여주고 있다. 본 연구에 사용된 Tubli-Seal에 관한 연구로 Yates⁸¹⁾, Younis⁸⁴⁾, Krell⁴⁷⁾과 윤⁹⁾은 초기의 레진계와 ZOE계간의 미세누출을 비교한 결과 Tubli-Seal 등 ZOE계의 폐쇄능력이 우수하다고 보고하였으나, Mattison⁵²⁾은 Tubli-Seal보다 오히려 초기 레진계의 미세누출정도가 적게 나타났다고 하였다. 또한 AH 26에 관한 연구로 Fogel³³⁾은 색소침투법을 이용하여 AH 26의 미세누출이 다른 시멘트들보다 적다는 결론을 얻은 반면, Kaufman⁴⁶⁾은 수산화칼슘계인 Life가 AH 26보다 미세누출이 적다고 하였다. 뿐만 아니라 최¹⁷⁾은 수산화칼슘계인 Sealapex보다 ZOE계인 Roth's 801의 미세누출이 적게 나타났다고 하였으나, 윤¹⁰⁾과 Barnett²¹⁾은 Sealapex의 누출이 더 적었으나, 통계학적인 유의성이 없었다고 하였다.

최근 개발된 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트에 관한 연구로 Brown²⁶⁾은 글라스 아이오노머 시멘트와 Roth's 801의 근단부 미세누출을 비교하여 통계학적으로 유의성이 없다고 하였으며, Callis²⁸⁾, Pitt Ford⁵⁶⁾와 Saunder⁶²⁾은 글라스 아이오노머 근관충전용

시멘트가 다른 시멘트보다 더욱 우수한 폐쇄를 제공한다고 하였다. 반면, Smith⁶⁴⁾는 Roth's 801이 Ketac-Endo보다 훨씬 더 우수한 폐쇄능을 제공한다고 하였으며 Trope⁷²⁾은 글라스 아이오노머 시멘트의 우수한 폐쇄능력을 나타내기 위해서는 근관충전후 수복을 완전하게 하여 치관부로의 감염을 예방해야 한다고 보고한 바 있다.

이와 같이 색소침투법을 이용한 미세누출에 관한 연구가 상반되는 결과를 보여주는 이유를 Brown²⁶⁾은 시편, 실험과정, 치아 처치방법 그리고 누출판의 다양성 때문이라고 추측하였다. 그러나, 생체에서는 누출을 판별해 볼 정확한 방법이 없다³⁵⁾. 그러므로, 이와 같이 실험에서 유추된 결과를 임상에서 직접 적용하기 전에 시행하는 데 주의를 기울여야 한다.

위와 같은 다양한 문헌고찰을 통해 근관충전용 시멘트의 생체적합성, 물리적 성질, 미세누출 정도의 면에서 우수하다고 판단된 시멘트를 본 실험에서 사용하였는 데, 산화아연 유지질 계통으로는 Tubli-Seal, 수산화 칼슘계로는 Sealapex, 레진계로는 AH 26을 이용하였고 최근 기존의 이러한 시멘트보다 생체적합성, 물리적 성질, 미세누출 등의 면에서 더 우수하다고 보고되고 있는 근관 충전용 글라스 아이오노머 시멘트인 Ketac-Endo를 함께 사용하였다.

충전재료 뿐 아니라 충전방법에 따라서도 근단부 미세누출 정도가 달라질 수 있으며, 이와 관련된 많은 문헌이 보고되어 있다. Saunder⁶²⁾은 측방가압법의 만족스러운 폐쇄능력에 대해 보고하였으나, Wong⁸⁰⁾은 방사선 동위원소를 이용하여 측방가압법, 수직가압법, McSpadden 방법들 간의 미세누출을 관찰한 결과 수직가압법의 미세누출량이 가장 적다고 하였으며, Benner²³⁾과 Greene³⁶⁾은 통계학적인 유의성이 없다고 하였다. 김⁵⁾과 EIDeeb³¹⁾은 가온측방가압 충전법이나 열소성 G-P 충전방법으로 충전

한 경우가 측방가압법으로 충전한 것보다 미세누출의 정도가 적게 나타났으나 통계학적으로는 유의성이 없다고 보고한 반면, 장등¹⁶⁾, Michanowicz등⁵³⁾과 Yee등⁸²⁾은 열소성 G-P 충전법이 측방가압 충전법보다 근관폐쇄 효과가 우수하다고 보고하였다. 그러나, Gatot등³⁴⁾은 열소성 G-P 충전법은 충전시간이 짧고 치근에 대한 적합성이 우수한 반면, 근관 작업장을 정확하게 측정하지 못하고 건전 상아질에 apical seal을 형성하지 못한다면 치근 주위골로 G-P의 과확장이 유발될 수 있다는 단점을 보고하였으며, 1978년 Johnson⁴⁴⁾은 Thermoafil을 처음 소개하였고 최등¹⁸⁾은 초음파 근관기구를 이용한 근관충전법에 대하여 보고한 바 있다.

최근에는 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트를 이용하여 충전방법간 차이를 비교한 연구들이 이루어지고 있는 데, Moshonov등⁵⁵⁾은 측방가압법보다 단일 cone 충전법으로 시행하였을 때 제거하기가 용이하며 열가소성 G-P 충전법을 이용하였을 때 더욱 효과적이라고 보고하였으며, Brown등²⁶⁾은 측방가압법을 시행할 때 spreader의 삽입제거와 시술시간이 실제 Ketac-Endo에 의해 제공된 폐쇄능력을 저해하는 요인이 될 수도 있다고 하여 Moshonov의 주장을 뒷받침하였다. 기계적 결합을 하는 다른 근관충전용 시멘트와는 달리, 글라스 아이오노머 시멘트는 화학적으로 치질에 결합하기 때문에 미세누출 정도가 적을 것으로 사료되지만, 지금까지 보고된 연구결과에 의하면 양호하기는 하나 통계학적으로 유의성이 거의 없는 수준이다. 이러한 점으로 미루어 볼 때, Brown등²⁶⁾이 주장한 바 대로 글라스 아이오노머 시멘트를 사용할 때는 측방가압법이 적당한 충전방법이 아닐 수도 있다.

이에 저자는 예비실험에서 열소성 G-P 충전법을 이용하여 측방가압법의 경우와 비교한 결과 열소성 G-P 충전법으로 충전한 치근에서 더욱 적은 미세누출을 보이기는 하였으나, 통계학적인

유의성은 없는 것으로 나타났다.

이와 같이 충전방법에 따른 근단부 미세누출의 차이에 관한 연구들의 결과가 일치하지 않는 바 본 연구에서는 가장 널리 사용²⁶⁾되는 충전방법인 측방가압법을 사용했다.

본 연구의 결과 최근 개발된 근관충전용 글라스 아이오노머 시멘트는 여러가지 장점을 지니고 있으며 양호한 미세누출정도를 보이고 있으나, 아직까지 동물실험을 통한 조직반응에 관한 연구와 각종 충전방법과 연관된 폐쇄능력에 관한 연구는 미비한 실정이므로 더욱 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

발거한 상하악 단근치 120개를 K file과 Gate-
Glidden drill을 이용하여 step-back 방법으로 근관형성을 한 후, Gutta Percha와 수종의 시멘트를 사용하여 근관을 측방가압법으로 충전하였다. 실험 1군은 Tubli-Seal을 근관충전용 시멘트로 사용하였으며, 실험 2군은 Sealapex, 실험 3군은 AH 26 그리고 실험 4군은 Ketac-Endo를 이용하여 충전하였으며 대조군은 근관충전용 시멘트를 사용하지 않고 G-P cone만으로 충전하였다. 그런 다음, 2% methylene blue용액에 침잠시켜 시멘트의 종류와 침잠시간(1주, 2주)에 따라 색소가 치근단공을 통하여 침투되는 정도를 측정한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험군은 기간에 관계없이 근관충전용 시멘트를 사용하지 않은 대조군보다 훨씬 더 적은 미세누출을 보였다($p < 0.05$).
2. 시멘트를 사용한 군간의 미세누출은 기간에 관계없이 Selapex, Ketac-Endo, AH 26, Tubli-Seal순으로 크게 나타났다($p < 0.05$).
3. 1주와 2주사이의 미세누출 증가량은 Tubli Seal과 Sealapex에서만 통계학적인 유의

성이 있었다($p < 0.05$).

4. 시간의 경과에 따라 모든 표본에서 미세누출이 증가했으며, 그 중 AH 26이 가장 작은 차이를 보였고 Tubli-Seal이 가장 큰 차이를 보였다($p < 0.001$).

본 연구의 결과, 글라스 아이오노머 시멘트는 기존의 다른 근관충전용 시멘트와 유사한 미세누출 정도를 보이며, 그 외 여러가지 장점을 가지므로 임상적 적용가치가 있다고 사료되는 바이다.

참 고 문 헌

1. 권오양, 윤수한 : "수중 근관충전시멘트의 Streptococcus Sanguis에 대한 항균효과에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 12(1):77-83, 1986.
2. 김미옥, 조규중 : "제5급와동 수복에 사용되는 수중 충전재의 변연누출 비교", 「대한치과보존학회지」, 14(2):20-27, 1989.
3. 김미자, 이명중 : "충전후 방사능에 의한 변연누출 측정에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 13(1):69-77, 1988.
4. 김미자, 이명중 : "Neutron Activation Analysis를 이용한 Composite Resin의 변연누출 측정에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 13(2):185-190, 1988.
5. 김용덕, 조규중 : "가온 측방가압 근관충전법의 폐쇄효과", 「대한치과보존학회지」, 19(2):429-445, 1994.
6. 나영민, 민병순, 최호영, 박상진, 최기운 : "Glass-ionomer Cement 이장재의 세포 독성에 관한 연구", 「대한치과보존학회지」, 18(2):262-273, 1993.
7. 민효기, 민병순, 최호영, 박상진 : "Dentin Bonding Agent의 근관폐쇄 효과에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 13(1):103-108, 1988.
8. 백승래, 조규중 : "근관충전의 폐쇄효과 평가에서 색소침투의 정성적 및 정량적 측정의 상호관계", 「대한치과보존학회지」, 15(2):461-469, 1990.
9. 윤수한 : "수중 근관충전재의 변연누출에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 8(1):155-159, 1982.
10. 윤수한 : "Sealapex의 근관폐쇄효과에 관한 실험적 연구", 「대한치과보존학회지」, 18(2):497-500, 1993.
11. 이광희, 최호영, 민병순, 박상진, 최기운 : "근관 충전용 시멘트의 치주인대 섬유아세포 독성에 관한 연구", 「대한치과보존학회지」, 18(1):156-169, 1993.
12. 이영호 : "연화 Gutta-percha 충전법에서 Sealer의 점도가 근관폐쇄에 미치는 영향", 「대한치과보존학회지」, 14(2):38-45, 1989.
13. 임미경, 이정식 : "근관 충전용 sealer가 수종의 세포에 미치는 독성효과에 관한 연구", 「대한치과보존학회지」, 17(2):263-282, 1982.
14. 임성삼 : "근관형성방법이 근관폐쇄성에 미치는 영향에 관한 연구", 「대한치과보존학회지」, 8(1):161-166, 1982.
15. 장영인, 최호영 : "근관충전용 실러의 물리적 성질에 관한 연구", 「대한치과보존학회지」, 20(1):142-151, 1995.
16. 장요한 : "저온용융 G-P 주입 근관충전법의 근관폐쇄 효과", 「경북치대논문집」, 6(2):203-217, 1989.
17. 최국렬, 홍찬의, 신동훈 : "수중 수산화칼슘의 근관폐쇄효과에 관한 전기화학적 연구", 「대한치과보존학회지」, 20(1):164-172, 1995.
18. 최라영, 이인숙 : "초음파 근관기구를 이용한 근관충전법의 근관폐쇄능에 관한 주사 전자현미경적 연구", 「대한치과보존학회지」,

- 15(2):461-469, 1990.
19. 허성윤, 민병순, 최호영, 박상진 : “치질 잔존량에 따른 색조변화에 관한 연구”, 「대한치과보존학회지」, 12(1):131-145, 1986.
 20. Araki, K., Suda, H., and Spangberg, L.S.W.: “Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts”, J.Endodon., 20:67- 70, 1994.
 21. Barnett, F., Trope, M., Roodney, J., and Tronstad, L.: “In vivo sealing ability of calcium hydroxide containing root canal sealers”, Endod. Dent. Traumatol., 5:23-26, 1989.
 22. Barthel, C.R., Losche, G.M., Zimmer, S., and Roulet J.F.: “Dye penetration in root canals filled with AH26 in different consistencies”, J.Endodon., 20:436-439, 1994.
 23. Benner, M.D., Peters, D.D., Grower M., and Barnier, W.E.: “Evaluation of a new thermoplastic gutta-percha obturation technique using ⁴⁵CA”, J.Endodon., 7:500-508, 1981.
 24. Blackman, R., Gross, M., and Seltzer, S.: “An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue”, J.Endodon., 15:76-79, 1989.
 25. Branstetter, J., and Von Fraunhofer, J.A.: “The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature”, J.Endodon., 8:312-316, 1982.
 26. Brown, R.C., Jackson, R., and Skidmore, A. E. : “An evaluation of apical leakage of a glass ionomer root canal sealer”, J. Endodon., 20:288-291, 1994.
 27. Caicedo, R., and von Fraunhofer, J.A.: “The properties of endodontic sealer cements”, J.Endodon., 14:527-534, 1988.
 28. Callis, P. D., and Santini, A.: “Tissue response to retrograde root fillings in ferret canine: a comparison of a glass ionomer cement and gutta-percha with sealer”, Oral Surg., 64:476-479, 1987.
 29. Cohen, S., and Burns, R.C.: “Pathways of the pulp”, 6th ed., St. Louis, The C. V. Mosby Co., 1994.
 30. Delivanis, P. D., and Chapman, K. A.: “Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration”, Oral Surg., 53:410-416, 1982.
 31. EIDeeb, M.E.: “The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha”, J.Endodon., 11:84-86, 1985.
 32. EIDeeb, M.E., Zucker, K.J., and Messer, H.: “Apical leakage in relation to radiographic density of gutta-percha using different obturation techniques”, J.Endodon., 11:25-29, 1985.
 33. Fogel, B.B.: “A comparative study of five materials for use in filling root canal spaces”, Oral Surg., 43:284-299, 1977.
 34. Gatot, A., Peist, M., and Mozes, M.: “Endodontic overextension produced by injected thermoplasticized gutta-percha”, J.Endodon., 15:273-274, 1989.
 35. Goldman, M., Simmonds, S., and Rush, R.: “The usefulness of dye-penetration studies reexamined”, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 67:327-332, 1989.
 36. Greene, H. A., Wong, M., and Ingram III, T. A.: “Comparison of the sealing ability of four obturation techniques”, J.Endodon., 16:423- 428, 1990.
 37. Grieve A. R.: “Sealing properties of cements

- used in root filling”, Brit. Dent., J., 132:19-22, 1972.
38. Grossman, L. I.: “An improved root canal cement”, J.Am.Dent.Assoc., 56:381-385, 1958.
 39. Grossman, L. I.: “Endodontic Practice”, 11th ed., Philadelphia, Lea & Febiger, 1994.
 40. Herrmann B.W.: “Calcium hydroxide als Mittel zum Behandeln und Füllen von Wurzelkanalen (Dissertation).” Wurgburg., 1920.(Cited from 61)
 41. Holland, R., and Souza, V.: “Ability of a new calcium hydroxide root canal filling materials to induce hard tissue formation”, J.Endodon., 11:535-543, 1985.
 42. Ingle, J.I., and Bakland, L.K.: “Endodontics” 4th ed., Philadelphia, Lea & Febiger, 1994.
 43. Ishley, D.J., and Eiddeeb, M.E.: “An in Vitro assessment of the quality of apical seal of thermomechanically obturated canals with and without sealer”, J.Endodon., 9:242-245, 1983.
 44. Johnson, W. B.: “A new gutta-percha technique”, J.Endodon., 4:184-188, 1978. (Cited from 8)
 45. Kapsimalis, P., Summit, N.J., and Evans, R.: “Sealing properties of endodontic filling materials using Radioactive Polar and low polar isotopes”, Oral Surg., 22:386-393, 1966.
 46. Kaufman, A.Y., Tagger, M., Katz, A., and Yosef A.: “Life and AH26 as sealers in thermatically compacted gutta-percha root canal fillings: leakage to a dye”, J.Endodon., 15:68-71, 1989.
 47. Krell, K. V., and Madison, S. : “Comparison of apical leakage in Teeth obturated with calcium phosphate cement or Grossman’s cement using lateral condensation”, J.Endodon., 11:336-339, 1985.
 48. Kwan, E. H., and Harrington, G. W.: “The effect of immediate post preparation on apical seal”, J.Endodon., 7:325-329, 1981.
 49. Madison S., and Zakariasen K.L.: “Linear and volumetric analysis of apical leakage in teeth prepared for posts”, J.Endodon., 10:422-427, 1984.
 50. Maldonado A., Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: “An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement”, J.Am. Dent.Assoc., 96:785-791, 1978.
 51. Matloff, I. R., Jensen, J. R., Singer, L., and Tabibi, A.: “A comparison of methods used in root canal sealability studies”, Oral Surg., 53:203-208, 1982.
 52. Mattison, G.D., and von Fraunhofer, J.A.: “Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements”, Oral Surg., 55:402-407, 1983.
 53. Michanowicz, A., and Czonstkowsky, M.: “Sealing properties of an injection-thermoplasticized low-temperature(70°C) gutta-percha: A preliminary study”, J.Endodon., 10: 563-566, 1984.
 54. Morse, D.R., Wilcko, J.M., Pullon, P.A., Furst, M.L., and Passo, S.A.: “A comparative tissue toxicity evaluation of the liquid components of gutta-percha root canal sealers”, J.Endodon., 7:545-550, 1981.
 55. Moshonov, J., Trope, M., and Friedman S.: “Retreatment efficacy 3 months after obturation using glass ionomer cement, Zinc oxide-eugenol, and epoxy resin sealers”, J.Endodon., 20:90-92, 1994.

56. Pitt Ford, T.R. :“The leakage of root fillings using glass ionomer cement and other materials”, Br. Dent. J., 146:273-278, 1979.
57. Powis, D. R., Folleras, T., Merson, S. A., and Wilson, A. D.: “Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel”, J. Dent. Res., 61:1416-1422, 1982.
58. Ray, H., and Seltzer, S.: “A new glass ionomer root canal sealer”, J.Endodon., 17:598- 603, 1991.
59. Retief, D. H., Bradley, E. L., Denton, J. C., and Switzer, P.: “Enamel and cementum fluoride uptake from glass ionomer cement”, Caries Res., 18:250-257, 1984.
60. Rickert, V.G., and Mesley, R.J. : “The control of root surgery, Transactions 8th”, Int. Dent. Congress. Sec. III A, 9:15-22, 1931.
61. Rothier, A., Leonardo, M.R., Bonetti, I., and Mendes, A.J.D.: “Leakage evaluation in Vitro of two calcium hydroxide and two Zinc oxide-eugenol-based sealers”, J.Endodon., 13:336-338, 1987.
62. Saunder, W. P., and Saunders, E. M.: “The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and glass ionomer cement”, Int. Endodon. J., 25: 245-249, 1992.
63. Saunders, W.P., and Saunders, E.M.: “Influence of smear layer on the coronal leakage of thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer”, J.Endodon., 20:155-158, 1994.
64. Smith, M. A.: “An in vitro evaluation of microleakage of two new root canal sealers”, Presented at the Ohio association of Endodontists, 1992.(cited from 26)
65. Spangberg, L.S.W., Acierno, T.G., and Cha, B.Y.: “Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods”, J.Endodon., 15:548-551, 1989.
66. Spradling, P. M., and Senia, S. : “The relative sealing ability of paste type filling materials”, J.Endodon., 8:543-549, 1982.
67. Tagger, M., Tamse, A., Katz, A., and Korzen, B.A.: “Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction”, J.Endodon., 10:299-303, 1984.
68. Tagger, M., and Tagger, E.: “Periapical reactions to calcium hydroxide containing sealers and AH26 in monkeys”, Endod. Dent. Traumatol., 5:139-146, 1989.
69. Torabinejad, M., Higa, R.K., McKendry, D.J., and Pitt Ford, T.R.: “Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination”, J.Endodon., 20:159-163, 1994.
70. Tronstad, L., Barnett, F., and Flax, M.: “Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers”, Endod. Dent. Traumatol., 4:152-159, 1988.
71. Trope, M., and Tronstad, L.: “Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with glass ionomer cement or acid etch composite resin”, J.Endodon., 17:257-259, 1991.
72. Trope, M., and Ray, H.L.: “Resistance to fracture of endodontically treated roots”, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 73:99-102, 1992.
73. Von Fraunhofer, J. A., and Branstetter, J.:

- "The physical properties of four endodontic sealer cements", J.Endodon., 8:126-130, 1981.
74. Wach, E.C., Hauptfuehrer, J.D., and Kesel, R.G. : "Endodontic significance of the penetration of S³⁵-labeled penicillin in extracted human teeth", Oral Surg., 8:639-648, 1955.
 75. Walton, R. E., and Torabinejad M.: "Principles and practice of endodontics", 1st. ed., Philadelphia, W. B. Saunders, 236, 1989.
 76. Weine, F.S.: "Endodontic Therapy", 4th ed., St. Louis, The C. V. Mosby Co., 1989.
 77. Weisman, M.I.: "A study of the flow rate of ten root canal sealers", Oral Surg., 29:255-261, 1970.
 78. Wilson, A. D., and Kent, B. E.: "A new translucent cement for dentistry- the glass ionomer cement", Brit. Dent. J., 132:133-135, 1972.
 79. Wilson, A. D., and McLean, J. W.: "Glass ionomer cement", Chicago, Quintessence, 13-20, 1988.
 80. Wong, M., Peters, D., and Lorton, L.: "Comparison of gutta-percha filling techniques, compaction(mechanical), vertical (warm), and lateral condensation techniques, part 1", J.Endodon., 7:551-558, 1981.
 81. Yates, J.L., and Hembree, J.H.: "Micro-leakage of three root canal cements: one-year study", J.Endodon., 6:591-593, 1980.
 82. Yee, F. S., Marlin, J., Krakow, A. A., and Gron, P.: "Three dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha", J.Endodon., 3:168-174, 1977.(Cited from 8)
 83. Yesilsoy, C., Koren, L.Z., Morse, D.R., and Kobayashi, C.: "A comparative tissue toxicity evaluation of established and newer root canal sealers", Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 65:459-467, 1988.
 84. Younis, O., and Hembree, J.H.: "Leakage of different root canal sealants", Oral Surg., 41:777-784, 1976.
 85. Zmener, O., and Dominguez, F.V.: "Tissue response to a glass ionomer used as an endodontic cement", Oral Surg., 56:198-205, 1983.
 86. Zmener, O.: "Evaluation of the apical seal obtained with two calcium hydroxide based endodontic sealers", Int. Endodon. J. 20:87-90, 1987.

사진부도

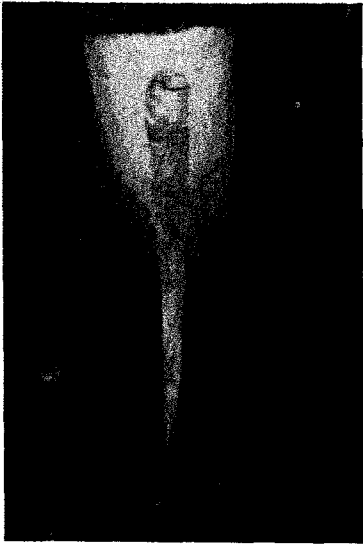


그림 1. Tubil Seal의 미세누출

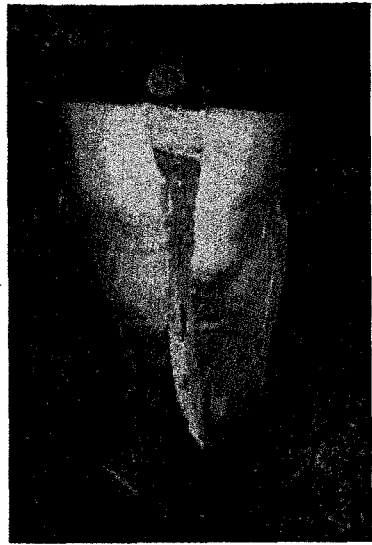


그림 2. Sealapex의 미세누출



그림 3. AH 26의 미세누출



그림 4. Ketac Endo의 미세누출



그림 5. 대조군의 미세누출