수종 치근단 역충전재가 치근단 조직 함유에 미치는 영향

단국대학교 치과대학 치과보존학교실
조용범 · 홍찬의 · 신동훈

Abstract

EFFECTS OF SOME ROOT END FILLING MATERIALS ON THE REPAIR OF PERIRADICULAR TISSUE

Yong-Bum Cho, DDS, MS, Chan-Ui Hong, DDS, MS, PhD,
Dong-Hoon Shin, DDS, MS, PhD
Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to examine the response of periradicular tissues to amalgam, IRM, Ketac-silver and MTA(Mineral trioxide aggregate) used as a root end fillings. The lower third and fourth premolars of 5 mongrel dogs were used. Each root was resected, followed by root end fillings with experimental materials.

The animals were sacrificed after 16 weeks and radiographic and histologic results were evaluated.

The results were as follows :

1. Severe inflammation around apex and disruption of cortical were noted in relation to the amalgam.
2. With IRM, there was severe infiltration of inflammatory cells around filling material, but healing of cortical bone was noted.
3. With Ketac-silver, mild inflammation and thick band of fibrous connetive tissue around filling material were seen, with a cortical bone healing.
4. In case of MTA, complete regeneration of cortical bone was seen, and free MTA was surrounded with newly formed bone tissue.

Ⅰ. 서 론

통상적인 근관치료가 실패하였을 때 재치료를 시도하는 것이 가장 이상적인 방법이나 근관의 분지, 심한 만곡 및 석회화, 제거되지 않는 근관충전재, 파절기구 및 dowel post 등으로

인하여 효과적인 재치료가 불가능하거나, 재치료를 하였으나 또 다시 실패하는 경우에는 통상 치근단 절제술을 시행하여 치아를 보존시키고자한다. 이때 많은 학자들[20,21,22,40,55]이 치근단 역충전(이하 역충전)을 추천하는 바 이는 근관내 유해물의 유출을 방지하고자 근관을 폐쇄시킨다는 목적으로 매우 중요한 과정이라 할 수 있다. Ingle[31]은 모든 근관치료의 실패원인중 약 75%이상이 부적절한 근관폐쇄에 있다 하였고, Altonen과 Mattila[4]는 치근단 절제후 충분치 못한 역충전이 외과적 근관치료 실패의 가장 큰 원인이라고 하였으며 Harty 등[27]도 치근단 폐쇄의 중요성을 강조한 바 있다. 이러한 치근단 절제술은 그 방법상으로는 어느정도 정립된 상태이나 역충전에 사용되는 재료의 선택에 있어서는 아직도 논란의 여지가 많아 아말감[35,60,44,69,71], 가타퍼차[35,61], Cavit[15,18], IRM[9,14,16,49], Super EBA 시멘트[38,50], polycarboxylate 시멘트[1,60], glass ionomers[1] 등 많은 재료가 소개, 사용되어 왔으며 이 중 아말감이 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 재료이다.

그러나 아말감은 부식, 부적절한 변연폐쇄, 경화시간의 지연, 치근단 조직으로 유리수은의 유입, 조직내 잔사의 잔존 등 많은 단점을 가지고 있으며[55], 최근 Dorn과 Gartner[16], Frank 등[20] 및 Rapp 등[54]은 치근단 절제후 아말감으로 역충전한 임상예를 장기간 관찰한 결과 높은 실패율을 보였다 하여 역충전시 아말감의 사용에 부정적인 견해를 보고한 바 있다. 이러한 아말감의 단점등으로 인해 아연화-유지놀 시멘트를 강화시킨 IRM이나 Super EBA 시멘트가 역충전재로 많이 사용되고 있는 바, Smee 등[58]은 IRM이 아말감보다 현저히 우수한 치근단 폐쇄효과를 보였다 하였고, Bondra 등[9]은 IRM, Super EBA 시멘트 및 varnish를 도포한 아말감간의 치근단 폐쇄효과를 비교한 결과 IRM과 Super EBA간에는 차이가 없었으나 두 재료 모두 아말감보다 현저히 낮은 색소침투를 보고하였으며, Dorn과 Gartner[16]도 장기간의 임상관찰 결과 IRM에서는 91%, Super EBA 시멘트에서는 94%의 성공율을 나타내 역충전 재로서의 이 두 재료의 사용을 권장하였다. 그러나 IRM과 Super EBA 모두 취급이 용이하지 않고, 수분 접촉시 폐쇄효과가 저하되며, 특히 IRM의 경우 유리유지놀에 의해 조직에 자극을 줄 수 있는 단점을 가지고 있다.

한편, Wilson과 Kent[73]에 의해 개발된 glass ionomer 시멘트가 조직에 위해작용이 적고[63] 치질과 우수한 접착성을 보임으로써 이를 역충전재에 이용한 연구가 있었고[1,53,76], 여기에 아말감 분말을 혼합하여 물성을 개량한 Ketac-silver가 역충전재로 많이 사용되고 있는 바, Schwartz와 Alexander[56], Pissiotis 등[52]은 색소침투법으로, Alhadainy 등[3]은 전기화학법으로 조사한 결과 Ketac-silver의 치근단 폐쇄효과가 아말감보다 우수하였다고 하였고 Blackman 등[8]과 Pissiotis 등[52]은 Ketac-silver의 생체친화력도 양호하였다 하여 역충전재로서의 사용을 주장한 바 있다. 최근 Loma Linda대학(CA, USA)에서 역충전재로 사용할 목적으로 mineral trioxide aggregate(MTA)라는 재료가 개발이 되었으며, 이는 외견상 건축용 시멘트(Portland cement)와 유사한 색상과 입자크기를 가지며 물과 혼합하여 경화되는 특성을 가지고 있다. 이 MTA에 대한 최근의 동물실험 및 in vitro 실험결과를 보면 치근단 폐쇄효과[64,67] 및 생체친화력[28,66] 뿐만 아니라 항균효과[65]에서도 다른 재료보다 우수한 것으로 보고되고 있다.

이에 본 연구의 목적은 수종 치근단 역충전재가 치근단 주위조직 치유에 미치는 영향을 비교 평가하고자, Mongrel dog의 소구치 치근을 근관충전하고 치근단 절제술을 시행한 다음 아말감, IRM, Ketac-silver 및 MTA를 사용하여 역충전하였고 수술 16주후의 주위골조직 치유를 방사선학적, 조직학적으로 비교관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 험재료 및 방법

가. 실험재료

치근첨이 완성된 체중 20Kg내외의 성견 5마리의 하악 양측 제 3, 4 소구치의 총 40개

근, 원심 치근을 실험대상으로 하였다. 역충전재로는 아말감(Bestaloy, Dongmyung Dental Industrial Co., Korea), IRM(The L.D. Caulk division, Dentsply International Inc., Milford, DE, USA), Ketac-silver(ESPE, Seefeld/Overby, Germany) 및 MTA(Loma Linda Univ., CA, USA)를 사용하였으며, 실험동물의 편측 제 3, 4 소구치의 근, 원심 치근에 임의로 1개씩 배정하여 각 실험재료당 총 10개의 치근이 배정되도록 하였다.

나. 실험 방법

실험동물을 Ketamine hydrochloride(Ketalar, 유한양행, Korea)을 Kg당 22mg으로 근육주사하여 유도마취후 3% Pentobarbital Sodium(Nembutal, Abbott Lab, USA)을 Kg당 30mg을 정맥주사하여 전신마취를 시행하였으며 실험도중 필요시마다 추가로 마취제를 투여하였다. 방사선 사진을 촬영하여 치근첨의 완성유무 및 위치를 확인한 다음, 2% Lidocaine으로 하악 제3, 4소구치 부위에 침윤마취를 시행하였다. Diamond bur를 사용하여 소구치의 교합면을 편평하게 삭제하고 #4 round bur로 근관와동을 형성하였으며 근관입구를 확인하였다. 통법에 따라 발수 및 근관형성을 시행하였는 바 ,본 실험을 위한 예비실험에서 모든 근관이 #40 file을 삽입시 치근첨 1mm 상방에서 stop을 느낄 수 있었고 이를 방사선 사진으로 확인하였으며, 또한 치근단 절제술시 치근단 치근과 주위조직을 제거하는 관계로 본 실험에서는 방사선사진을 이용한 정확한 작업장 측정은 시행하지 않았다. 근관형성을 완료한 후, 근관내를 의도적으로 감염시켜 근관충전재의 폐쇄효과보다는 순수 역충전재에 의한 폐쇄효과를 관찰할 목적으로 sealer를 사용하지 않은 단독 가타퍼차법으로 근관충전을 시행하였고 가타퍼차 stopping으로 근관와동을 가봉하였다. 이후 능형(Trapezoidal) 절개법으로 전층 점막골판막을 형성한 다음 방사선사진을 참고하여 치근첨 부근에 #6 round bur를 이용하여 골와동을 형성하였다. 치근첨을 확인한 다음 tapered fissure bur를 사용하여 치근첨 약 3mm 상방지점에서 협면을 향하여 45°의 사면이 되도록 치근단 절제술을 시행하였고 ultrasonic retro tip(Excellence in Endodontics, USA)을 사용하여 깊이 3 mm의 1급 역충전와동을 형성하였으며, paper point로 건조시킨 다음 아말감과 IRM은 제조회사의 지시에 따라 연화 또는 혼합 후 Messing gun과 plugger로, Ketac-silver는 제조회사의 주사기형태의 syringe와 plugger로, MTA는 putty consistency(3 : 1의 분/액비)로 혼합하여 Messig gun과 plugger를 사용하여 역충전을 시행하였다. 각 실험재료로 역충전을 완료한 다음 과도하게 충전된 부위는 절단면과 같게 다듬어 주었으며 생리식염수로 시술부위를 깨끗이 세척하였다. 판막을 재위치시켜 흡수성 봉합사로 시술부위를 봉합한 다음 방사선 촬영을 하였다. 시술 1주일 경과후 의도적 감염을 목적으로 가봉해 두었던 치관와동내의 stopping을 제거하고 아말감으로 폐쇄하였다.

치근단 절제 및 역충전 16주 후 실험동물을 마취하여 희생시킨 다음 다시 방사선촬영을 시행하였다. 실험부위의 조직표본을 제작하기 위해 하악골을 절단한 다음, 즉시 10% buffered formalin용액으로 고정하였으며, 조직표본 제작은 두가지 방법으로 시행하였다. 골조직 파괴정도를 관찰하기 위하여 고정된 조직을 3일간 Villanueva 골염색용액에 침전시킨 후 탈수과정을 거쳐 Spurr 레진에 포매하였으며 저속회전톱(Extec Labcut 1010 Low Speed Diamond Saw ; Excell Technologies, Inc., Enfield, CT, USA)을 사용하여 약 500μm두께로 절편을 제작한 다음 사포와 다이아몬드 연마지를 이용하여 최종 절편이 약 10μm 두께가 되도록 연마하였다. 또한 치근단 역충전재 주변조직의 염증상태 및 조직반응을 관찰하기 위하여 고정된 조직을 5% 질산용액에서 15일간 탈회한 후 통법에 의한 파라핀 포매를 시행하였고, 4μm 두께의 절편을 제작하여 H-E 및 Masson's trichrome(MT) 염색을 시행하여 광학현미경으로 그 결과를 관찰하였다.

Ⅲ. 실험 결과

1. 방사선학적 결과

역충전 직후 형성된 골와동의 방사선사진과 수술 16주 후의 방사선사진을 비교하여 치유 양상을 Grung 등[25]의 평가방법에 따라 다음과 같은 3단계로 분류하여 판정하였다(Table 1 및 Fig. 1, 2).

Table 1. Radiographic bone healing after 16 weeks

Materials	Bone Healing		
	ICH	USH	
Amalgam	1	4	5
IRM	3	4	3
Ketac-silver	4	3	3
MTA	7	3	

CH : Complete Healing ICH : Incomplete Healiing
USH : Unsatisfactory Healing

(1) 완전 치유(성공) : 병소부위가 골조직으로 완전 치유되는 경우.

(2) 불완전 치유(성공으로 간주) : 병소의 대부분이 골조직으로 치유 되고 일부 반흔조직(scar tissue)으로 치유되는 경우나 병소의 크기가 현저히 줄어든 경우.

(3) 불만족 치유(실패) : 병소의 크기가 커지거나 변하지 않은 경우.

가) 아말감 역충전군

시술 직후 치근단부위의 방사선투과상을 보이던 총 10예 중에서 완전 골조직으로 치유된 양상을 보이는 완전치유의 예는 1예, 불완전 치유를 보이는 것은 4예로 나타났으 나머지 5예는 수술시 형성되었던 방사선투과상 크기가 변연으로부터 약간 줄어들었지만 불만족 치유(실패)를 나타내 결과적으로 50%의 불량한 성공율을 보였다.

나) IRM 역충전군

완전 치유를 보이는 것이 3예, 불완전 치유를 보이는 것이 4예, 불만족 치유를 보이는 것이 3예로 나타나 결과적으로 70%의 성공율을 보였다.

다) Ketac-silver 역충전군

완전 치유를 보이는 것이 4예, 불완전 치유를 보이는 것이 3예, 불만족 치유를 보이는 것이 3예로 70%의 성공율을 보여 IRM 역충전군과 유사한 방사선학적 소견을 나타냈다.

라) MTA 역충전군

완전 치유를 보이는 것이 7예, 불완전 치유를 보이는 것이 3예였으며 불만족 치유를 보이는 예는 없었다. 결과적으로 100%의 성공율을 나타내 다른 재료보다 현저히 우수한 치유양상을 보였다.

2. 조직학적 결과

가) 아말감 역충전군

연마표본에서 골와동 변연으로부터의 미약한 신생골의 재생을 관찰할 수 있었으나 파괴된 피질골의 회복은 볼 수 없었다. 충전재와 인접한 부위에 심한 염증세포의 침윤을 보였고 그 주위에 광범위한 섬유성 결합조직이 둘러싸고 있었다. 타 실험재료와 비교하여 염증상태의 범위와 정도가 가장 심하게 나타남을 볼 수 있었다(Fig. 3).

파라핀 포매한 후 Masson's trichrome 염색을 한 표본에서 천공된 피질골과 골와동 내부에 심한 염증 세포의 침윤과 그 가운데 신생골의 섬(island)을 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

나) IRM 역충전군

연마표본에서 충전재와 근관벽사이의 틈이 관찰되었고 충전재 주위로 중등도의 염증반응과 그 주위로 섬유성 결합 조직이 둘러싸고 있음이 관찰되었으나 수술시 형성된 골와동의 대부분을 채우는 신생 골조직의 형성과 피질골의 재생이 관찰되었다(Fig. 5). 파라핀 포매표본에서는 충전재와 접하는 부위에 괴사된 세포와 다량의 염증세포들의 침윤을 보였으며, 이 염증세포들과 섬유성 조직이 끊어진 피질골사이를 통하여 외부의 골막과 연결된 양상을 관찰할 수 있었다. 기존의 골와동에는 신생 교직골(new woven bone)과 염증세포가 풍부한 섬유성 조직으로 채워져 있는 양상을 보였다(Fig. 6).

다) Ketac-silver 역충전군

연마표본에서 치근단 절제후 소실되었던 피질골이 IRM의 경우보다 치밀하고 두텁게 형성되었으며 근관벽과 밀접하게 부착된 충전재 인접면에 경미한 염증세포의 침윤을 보이는 섬유성 결합조직이 채우고 있는 모습을 보였다(Fig. 7). 파라핀 포매표본에서는 파괴되었던 외측 피질골은 조직화된 치밀골로 구성된 모습을 보이고 있으며 내측으로는 신생 복합교직-층판골(compound woven-lamella bone)로 이루어진 해면 골주들로 채워진 모습을 보였다. 또한 절단된 치근면 하방에는 치주인대와 유사한 섬유성 결합조직이 외측으로 치근을 둘러싸고 있는 정상 치주인대와 연결되어 있는 양상과 내측(역충전재와 접한 면)으로는 다소 두터운 섬유성 결합조직과 연결되어 있는 양상을 보이고 있었으며, 역충전재 하면의 섬유성 결합조직은 미약한 염증세포의 침윤과 혈관의 발달을 보였다(Fig. 8).

라) MTA 역충전군

연마표본상에서 절단된 치근과 인접하여 고도로 조직화되고 석회화된(calcified) 골조직이 확인되었으며 충전재 직하부 인접면에 신생 백악질로 보이는 경조직이 관찰되었다(Fig. 9). 파라핀 포매표본에서는 염증세포의 침윤이 거의 없는, 얇고 일정한 두께의 섬유성 결합조직의 띠가 절단된 상아질면과 석회화된 골조직사이에 내재되어 있음이 관찰되었고 수술시 형성되었던 골와동 부위가 신생 골조직의 골주들로 채워져 있음이 관찰되었으며 잘 발달된 두텁고 치밀한 협측 피질골판을 확인할 수 있었다(Fig. 10). H-E 염색표본상에서는 유리된 MTA주위를 부분적인 염증반응을 동반한 신생골이 감싸고 있었다(Fig. 11).

Ⅳ. 총괄 및 고안

치근단 절제후 실패의 주된 원인은 치근단 근관의 충전상태가 불량하여 근관내의 잔존 자극원들이 치근단 주위조직으로 빠져나가기 때문이며, 따라서 역충전의 목적은 이를 미연에 차단하여 치료후의 실패가능성 을 방지하기 위함이다. Ingle과 Beverage[32]는 치근단 절제시 치근단부의 근관충전상태가 불량하면 역충전을 시행하여야 한다고 하였고, Lin 등[40]도 치근단 절제술이 요구되는 경우에는 반드시 역충전을 시행하여야 한다고 주장한 바 있다.

일반적으로 임상에서 치근단 절제시 먼저 근관충전을 완벽히 하고 역충전을 시행하는 바, 이런 경우는 치유가 된다 하더라도 이 결과가 역충전의 폐쇄효과 때문인지 근관충전재의 폐쇄효과 때문인지를 판단할 수 없다. 또한 임상에서 불량 근관충전물과 치근단 병소가 있으나 post나 근관의 석회화 등으로 인하여 근관치료를 다시 시행할 수 없는 경우도 종종 존재한다. 따라서 본 실험에서는 치근단 역충전재 단독의 치근단 폐쇄효과를 알아보고자 sealer를 사용하지 않은 단일 가타퍼차 충전법으로 근관충전후 1주일간 stopping으로 가봉하여 근관내를 의도적으로 감염시켰다.

치근단 역충전재의 이상적인 요구조건으로 치질에 적합성이 있어 치 근단 폐쇄효과가 우수하여야할 뿐만 아니라 주위조직에 대한 생체친화력도 우수하여야 하며, 조작 및 취급이 쉽고 방사선 불투과성을 가져야 하는 등 다수의 요구조건이 거론되고 있으나[22] 이러한 요구조건을 모두 충족시키는 재료는 아직 없기에 여러 재료가 소개, 사용되어 왔다.

이러한 다수의 재료 중에서 현재까지도 가장 많이 사용되고 있는 아말감에 대해 Orr[48]는 조작이 쉽고 방사선 불투과성이며 조직에 잘 적응된다는 등의 장점에 대해 기술한 바 있으며, Delivanis와 Tabibi[15]는 개의 치근단에 역충전하고 6개월 후에 방사선 동위원소로 조사한 결과 아말감이 polycarboxylate 시멘트나 Cavit보다 우수한 폐쇄효과를 나타냈다고 하였으며, Finne 등[18]은 아말감과 Cavit으로 역충전한 218개의 치아를 3년간 조사하였을 때 아말감을 사용한 경우가 임상적으로나 방사선학적으로 더 양호한 결과를 나타냈다고 보고하였고, Harris[26]도 아말감을 하악 구치부의 역충전재로 사용하여 만족할만한 임상결과를 얻었다 하여 아말감의 사용을 권장하였다. 그러나 Moodnick 등[46]은 아말감으로 역충전한 예들을 주사전자

현미경을 이용하여 관찰한 결과 아말감과 근관벽사이에 약 6-150μm의 비교적 넓은 틈이 존재하고 있음을 관찰하여 역충전재로서의 아말감의 효과에 의문을 제기하였고, Tanzilli 등[61]도 같은 방법으로 아말감보다 cold-burnished 가타퍼차의 변연적합도가 더 우수하였음을 보고하였으며, Kaplan 등[35]은 methylene blue 색소침투법을 이용하여 아말감과 근관벽 사이에 넓은 틈이 존재함을 보고하였다. Kos 등[38]은 발거한 치아에서 cold-burnished 가타퍼차와 아말감, poly-HEMA로 역충전한 다음 Proteus vulgaris와 Streptococcus salivalius를 근관에 주입하여 phenol red glucose broth(PRGB)를 담은 용기에 넣고 38일간 조사한 결과 아말감과 가타퍼차가 poly-HEMA에 비하여 세균의 누출에 대하여 불량한 폐쇄효과를 보였다고 하였고, Smee 등[58]은 cold-burnished 가타퍼차, Scotchbond를 사용한 P-30, Teflon, 아말감 및 IRM으로 역충전하고 India ink 침투법으로 조사한결과 아말감의 누출이 가장 심하였다고 하였으며, Tuggle 등[71]도 아말감, cold burnished 가타퍼차, SuperEBA 시멘트로 역충전후 methylene blue 색소침투법으로 관찰하여 아말감의 변연누출이 가장 높았음을 보고하였고, Seltzer[57]는 이러한 연구를 토대로 다른 재료와 비교하여 아말감은 그 type에 관계없이 누출이 심한 재료라고 결론지었다. 한편 Tronstad 등[70]은 발거된 270 개의 단근치에 여러 종류의 아말감으로 역충전하고 방사선 동위원소를 침투시켜 관찰한 결과 고동 구상아말감이 가장 좋은 폐쇄효과를 나타냈으며 사용된 아말감의 종류에 관계없이 와동에 varnish를 도포한 경우가 도포하지 않은 경우보다 치근단 폐쇄효과가 현저히 우수하였음을 보고하였고, Mattison 등[44]도 아말감의 성분에 따른 치근단부 미세변연누출을 전기화학법을 이용하여 조사한 결과 그 성분에 관계없이 varnish를 사용한 경우 변연누출이 감소하였음을 보고하여 근관벽과 아말감사이를 채워주는 varnish의 중요성을 강조한 바 있다. 그러나 Barkhordar 등[5]과 King 등[37]은 아말감으로 역충전시 varnish 사용유무에 따른 폐쇄효과 차이는 없었다 하여 상기 연구자들의 보고와는 상반되는 결과를 보고하였다.

한편 Flanders[19]는 아말감을 쥐의 피하조직에 6개월간, Marcotte[42]는 원숭이 전치의 치근첨부위에 15주간 매식한 다음 조직학적으로 관찰한 결과 모두 양호한 반응을 보였다 하였으나, Oynick와 Oynick[50] 및 Kawahara 등[36]은 반응하지 않은 유리수은이 치근단 주위조직에 세포독성을 나타냈다고 하였고 Tronstad와 Wennberg[70]는 아말감화가 될수록 그 독성이 감소한다고 하였다. 또한 Omnell[47]은 아연이 함유된 아말감으로 역충전한 경우 아연화탄산염 침전의 전기분해 현상을 보고하였고 Kaga 등[34]은 아연이 함유된 아말감에서 아연은 1% 이하에서도 아말감 표면에 축적되고 쉽게 용해되기 때문에 아연이 세포독성의 주된 인자라고 하여 아연이 함유되지 않은 아말감의 사용을 추천하기도 하였다.

아말감을 역충전재로 사용한 경우, 16주 후에도 골와동의 피질골이 재생되지 않았고 역충전재 주위에 심한 염증반응을 나타낸 것은 아말감의 세포독성이 시간이 경과함에 따라 감소한다 해도 결국 근관내 유해자극물들의 치근단 주위조직으로의 유출을 효과적으로 차단하지 못한 부적절한 변연폐쇄에서 기인된 것이 아닌가 사료된다. 또한 치근단 역충전후 수술부위의 세심한 세척에도 불구하고 아말감 잔사들의 조직내 저류가 방사선사진으로 확인됨에 따라 이러한 잔사들이 치유를 방해하지 않았나 사료된다.

본 실험에 사용한 IRM은 아연화-유지놀 시멘트에 polymethyl methacylate fiber를 첨가하여 강도와 용해저항성을 증가시키고 경화시간을 단축시킨 재료로 Inoue 등[33], Smee 등[55], Bondra 등[9] 및 Owadally 등[49]은 발거한 치아에서 역충전재로 사용시 IRM이 아말감보다 더 우수한 변연폐쇄효과를 나타냈음을 보고하였고, Dorn과 Gartner[16]는 역충전후 10년이상 경과된 488예를 임상 및 방사선학적으로 관찰한 결과 아말감은 75%의 성공률을 보인 반면, IRM과 Super EBA 시멘트는 각각 91%와 94%의 성공율을 나타내 역충전시 아말감보다는 IRM이나 Super EBA 시멘트를 우선 선택재료

로 사용할 것을 추천하였다.

그러나 IRM의 경우 용액의 99%가 유지놀인 관계로 혼합후 유리유지놀에 의해 생체독성을 야기할 수 있다. Markowitz 등[43] 에 의하면 낮은 농도의 유지놀은 소염작용과 치수치유를 촉진시키나 고농도($10^{-2}-10^{-3}$mol/L)에서는 세포독성을 나타내며 조직에 직접 접촉시 광범위한 손상을 줄 수 있으며 유지놀의 치근단 주위조직에 대한 위해효과는 유지놀을 발산하는 재료와의 거리에 달려있다고 하였으며, Hume[29,30]은 아연화-유지놀 시멘트에서 분말/액 비율이 유리유지놀 함량에 미치는 영향을 조사한 결과 비율이 감소할수록 유리유지놀이 증가하며 이 경우 세포의 호흡과 분화를 방해한다고 보고하였다. 유지놀의 조직반응에 대하여 Maher 등[41]은 족제비의 견치에 IRM으로 역충전한 다음 생체친화력을 관찰한 결과 15주가 지난후에도 IRM을 둘러싸고 있는 조직은 조직화되어 있지 않았으며 급성 및 만성 염증세포의 침윤이 충전재와 조직사이에 내재되어 있었고 역충전재 주위 1 mm이내에는 신생골의 형성을 관찰할 수 없었다고 보고하였다. Crane등[13]은 피하조직에 아연화-유지놀 시멘트를 매식후 6개월 경과 후에도 조직학적으로 심한 염증반응이 나타났다고 하였고 Becker 등[6]은 1년이상 경과후에도 아연화-유지놀 혼합물에서 유지놀이 유출되고 있음을 관찰하였다. 본실험에서 IRM으로 역충전한 경우 방사선학적으로 완전한 치유가 3예, 불완전 치유가 4예, 불만족스런 치유가 3예로 나타나 Ketac-silver 군과 유사한 결과를 보였고, 조직학적으로는 골와동이 신생교직골로 채워진 것을 관찰할 수 있었으나 충전재와 인접하여 괴사조직과 함께 염증세포의 침윤이 심하게 나타났으며 그 주위를 두꺼운 섬유성 결합조직이 둘러싸고 있어 자극원의 확산을 차단하려는 양상을 나타내 Maher 등[41]의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. Pashley 등[51]은 임시 와동충전을 목적으로 IRM을 혼합시 분말/액 비율이 폐쇄효과에 영향을 미치며 4 : 1의 비율이 가장 효과적이라 하였으나 Crooks 등[14]은 IRM의 분말/액 비율을 1에서 6까지 다양하게 변화시켜 치근단 역충전을 시행한 결과 분말/액 비율 차이에 따른 누출변화가 없었음을 관찰하였으며 Hume[30]과 Civjan 등[12]처럼 가급적 높은 분말/액 비율을 적용하여 취급을 용이하게 하고 경화시간, 유지놀에 의한 독성 및 용해도를 줄일 것을 주장하였다. 또한 연마표본에서 관찰된 충전재와 근관내벽사이의 틈을 방지하기 위해 Gartner와 Dorn[22]은 변연을 향해 burnishing할 것과, 젖은 면구의 사용을 금하였다.

Ketac-silver는 고온(800℃)의 sintering에 의해 aluminosilicate glass에 순은을 접착시켜 제조한 재료이다. 일반적으로 glass ionomer 시멘트는 상아질에 화학적 결합을 하며 변연폐쇄효과가 우수하고[1] 생체친화력도 우수한 것으로 보고되고 있다[8,77]. Ketac-silver는 재래의 glass ionomer보다 경화시간이 빠르고 방사선 불투과성이 우수하여 최근 역충전재로 소개되고 있는 바 MacNeil과 Beaty[45] 및 Beltes 등[7]은 Ketac-silver를 varnish를 사용한 아말감과 비교시 변연폐쇄효과가 떨어짐을 보고하였고, King 등[37]도 발거한 치아에 아말감, SuperEBA cement 및 Ketac-silver로 역충전하고 fluid filtration법으로 조사한 결과 Ketac-silver가 가장 불량한 폐쇄효과를 나타냈다고 보고한 반면, Schwartz와 Alexander56)는 발거한 20개의 단근치에 역충전하고 색소침투법으로 관찰한 결과 Ketac-silver가 아말감보다 변연누출이 현저히 낮았음을 보고하였고, 1 Al-Ajam과 McGregor2)는 발거된 치아에 아말감과 Ketac-silver로 역충전한 다음 색소침투정도를 컴퓨터 영상분석기로 비교한 결과 두 재료간에 유의한 차이가 없었음을 보고한 바 있다. Blackman 등[8]은 쥐의 경골에 아연화-유지놀 시멘트와 Ketac-silver를 매식하고 80일까지 조직변화를 관찰한 결과, Ketac-silver의 경우 매식 30일까지는 미약한 염증반응과 매식체 주위에 신생골의 형성을 관찰할 수 있었고, 80일 경과후에는 아연화-유지놀 시멘트에서는 섬유화가 일어난 반면 Ketac-silver의 경우는 심한 염증반응없이 골의 침착이 이루어 졌다고 보고하였다. Ketac-silver로 역충전한 본 실험의 연마표본에서 근관내벽과 재료간에 긴밀한 접촉

관계를 관찰할 수 있었고 충전재와 인접하여 만성 염증세포의 침윤을 보이는 다소 두꺼운 섬유성 결합조직을 관찰할 수 있었다. 수술시 천공되었던 피질골이 치밀골로 완전한 형성이 관찰되었고, 새로 형성된 골조직이 수술시 형성된 골와동을 채우고 있어 Blackman 등[8]의 실험과 유사한 소견을 나타냈으며 이는 Ketac-silver가 감염된 근관내의 유해자극물을 효과적으로 차단하였다고 볼 수 있어 우수한 폐쇄효과를 주장한 Schwartz와 Alexander, Pissiotis 등[52] 및 Alhadainy 등[3]의 보고와 일치된 소견을 보였다. 그러나 신생골의 양태가 MTA로 역충전한 군과 비교하였을 때 골간질이 많이 관찰되어 결과적으로 방사선투과를 쉽게 허용함으로써 방사선 사진상으로는 불만족 치유(unsatisfactory healig)의 소견을 보였다. 그러나 이는 확실치는 않지만 관찰시간을 좀 더 길게 한다면 MTA의 경우와 같은 완전 치유의 양상을 보이지 않을까 사료된다.

최근 Loma Linda대학(USA)에서 역충전재로 개발된 mineral trioxide aggregate(MTA)는 tricalcium silicate, tricalcium aluminate, tricalcium oxide 및 silicate oxide를 주성분으로 하고 있으며 물과 혼합하여 콜로이드 상태로 되었다가 약 3시간 경과후에 경화되며, 특징으로는 혼합 및 역충전 와동내 삽입이 용이하고 조직에 잔사를 남기지 않으며 혹시 잔류된다 하더라도 세척에 의해 쉽게 제거가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 MTA에 대한 최근의 동물실험 및 in vitro 실험으로 Torabinejad 등[68]은 발거한 치아에 3mm 깊이의 역충전 와동을 형성하고 아말감, Super EBA 시멘트 및 MTA로 역충전한 다음 형광염색(rhodamine B fluorescent dye)후 치아를 장축으로 절단하여 confocal microscope로 관찰한 결과 MTA가 아말감이나 Super EBA보다 치근단 폐쇄효과가 우수하였음을 보고하였고, Lee 등[39]은 발거한 대구치 근관에 측방천공을 시킨 다음 아말감, IRM 및 MTA로 충전하고 methylene blue 색소침투법으로 관찰한 결과 MTA가 다른 재료보다 우수한 근관벽 폐쇄효과를 나타냈다고 보고하였다. 또한 생체친화력에 대하여 Hong 등[28]은 개의 소구치 치근이개부를 인위적으로 천공시키고 아말감과 MTA로 충전한 다음 4개월후 희생시켜 조직학적으로 관찰한 결과 아말감으로 충전한 군에서 중등도의 염증반응과 골흡수를 보였으나 MTA의 경우는 대부분 염증반응을 보이지 않았고 MTA와 주위조직사이에 골조직과 유사한 경조직이 형성되어 있음을 보고하였으며, Torabinejad 등[67]은 IRM, Super EBA cement 및 MTA의 세포독성을 쥐의 L929 섬유세포를 이용하여 연구한 결과, IRM이나 Super EBA보다 MTA의 세포독성이 현저히 낮았으며 아말감과는 유의한 차이가 없었다 하여 MTA의 우수한 생체친화력에 대해 보고한 바 있다.

본 실험의 MTA 역충전군의 경우 방사선학적으로는 모두 성공이라 할 수 있는 완전 치유와 불완전 치유가 각각 7예 및 3예로 나타났다. 조직학적 소견은 충전재가 근관내벽에 긴밀하게 접착된 모습을 보였고, 염증반응을 거의 나타내지 않는 일정한 두께의 섬유성 결합조직이 치근외벽 기존의 치근막과 연결되어 있었으며 이러한 섬유성 결합조직이 절단된 상아질과 충전재를 덮고 있었다. 그 외측으로 조직화된 골조직이 절단연에 걸쳐 인접해 있음이 관찰되었고 H-E염색된 표본에서는 유리된 MTA 주위로 부분적인 염증반응과 함께 신생골이 감싸고 있음이 발견되기도 하여 이런 결과는 Torabinejad 등[68]과 Lee 등[39]이 보고한 폐쇄효과 및 Torabinejad 등[67]이 보고한 생체친화력이 우수하였기 때문이 아닌가 사료된다. 또한 수술시 골와동이 있었던 부위는 신생 골조직의 골주들로 대체되었으며 염증세포의 침윤은 거의 볼 수 없었고 일부 표본에서는 충전재와 인접하여 신생 백악질로 보이는 경조직이 관찰되어 Ingle과 Bakland[32]가 제시한 것과 동일한 표본상을 보였다.

역충전시 폐쇄효과에 영향을 미치는 요소로 충전재 자체의 폐쇄효과가 가장 중요한 요소이나 수분 및 혈액의 오염도 많은 영향을 미친다. In vitro 실험시에는 역충전 와동을 건조시키기 쉬워 재료의 폐쇄효과에 영향을 미치지 않으나 실제 임상에서는 역충전 와동내의

수분 및 혈액을 완전 제거하기가 어려우며 이런 경우 재료의 폐쇄효과는 저하된다[3]. 그러나 Smith 등[39] 및 Yoshimura 등[75]은 아말감의 경우 수분이 있는 환경하에서 부식물이 변연간극을 채워 시간이 경과함에 따라 폐쇄효과가 증가한다는 보고를 한 바 있다. MTA는 건축용 시멘트처럼 물(증류수, 식염수, 국소마취제)과 혼합하여 사용하기에 다른 재료들의 최대 단점인 수분 접촉시 기능이 저하되지 않는다. Torabinejad 등[65]은 와동내 혈액의 존재유무가 재료의 폐쇄효과에 미치는 영향을 알아보고자 발거한 치아의 역충전 와동을 혈액으로 오염시키고 Super EBA 시멘트, IRM 및 MTA로 와동을 충전한 다음 methylene blue 염색법으로 관찰한 결과 MTA의 경우 혈액의 오염유무에 관계없이 가장 폐쇄효과가 우수하였고, Super EBA 시멘트는 혈액오염시 폐쇄효과가 저하되었으며 IRM의 경우는 혈액의 오염유무에 관계없이 가장 낮은 폐쇄효과를 보였다고 하였다. 그러나 MTA의 경우 다른 재료들과는 달리 경화시간이 약 2시간 45분정도로 매우 늦어 세척시 표면의 재료가 씻겨 나가 충전재의 두께가 감소되는 함몰된 충전양태를 보여 경화시간을 단축시켜야 하는 점이 지적되었다.

한편, 제한된 골와동 공간에서 치근단 와동을 형성하는 것은 근관과 일치하지 않는 치근단 와동을 야기하거나 측방 천공을 유발하여 치근단 와동의 불완전한 폐쇄와 함께 의인성의 치근단 병소를 유발하는 원인이 되기도 한다.[11] 이때문에 정상적인 크기보다 작은 micro contra angle(UBECO, Union Broach Co., New York, NY)을 사용하기도 하나 위에 기술한 문제점들을 완전히 해결하지는 못한다. 이러한 단점을 해결하고자 최근에 치근단 와동형성을 목적으로 초음파를 이용한 기구(Carr Tips, Excellence in Endodontics, USA)가 개발되었는 바[10,11] Wuchenich 등[74]은 inverted cone bur로 역충전 와동을 형성한 경우와 비교시 더 깊고, 근관과 평행하며 깨끗한 와동을 형성할 수 있었고 bevel의 양도 줄일 수 있었다고 보고하였다. 한편 치근단 와동의 깊이나 bevel의 양이 변연누출에 영향에 미치는 바, Mattison등[74]은 치근단 와동의 깊이를 3 mm로 한 경우가 1 mm로 한 경우보다 치근단 누출정도가 현저히 낮았다고 하였고, Gilheany 등[24]은 치근단 와동을 깊게 할수록 치근단 누출을 줄일 수 있었다고 하였으며 또한 Tidmarsh와 Arrowsmith[62]는 bevel의 양이 증가할수록 상아세관을 통한 누출도 증가한다고 하여 역충전재의 선택뿐만 아니라 와동의 깊이와 bevel의 양을 강조하였다. 본 실험에서 사용한 ultrasonic retro tip은 bur보다는 와동을 쉽게 형성할 수 있었으나 근관을 따라 삽입하지 못할 경우 가타퍼차로 채워진 본래의 근관을 벗어나 측방으로 와동을 형성하여 역충전의 깊이가 낮거나 또한 천공을 유발하기도 하여 기구사용시 세심한 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

이상 본실험의 방사선학적 및 조직학적 결과를 종합해 볼 때 아말감으로 역충전한 군의 조직치유가 가장 불량하였고 그 다음으로 IRM과 Ketac-silver 였으며, MTA군의 조직치유가 가장 양호하게 나타나 앞으로 역충전시 MTA의 사용을 적극 추천할만 하나 그러나 이 결과는 4개월의 비교적 짧은 기간의 조사이기 때문에 완전한 신빙성을 부여하기는 힘들며 따라서 보다 장기간의 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

수종 치근단 역충전재가 치근단 주위조직 치유에 미치는 영향을 비교 평가하고자 Mongrel dog 소구치의 근원심 치근을 통법에 따라 근관형성하고 sealer를 사용하지 않은 단일 가타퍼차콘으로 근관충전한 다음 아말감, IRM, Ketac-Silver 및 MTA를 사용하여 치근단 역충전을 시행하였고 수술 16주후 실험동물을 희생시켜 방사선학적 및 조직학적으로 관찰하였는 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아말감으로 역충전한 경우 충전재와의 인접면에 심한 염증반응을 보였고 피질골의 재생도 관찰할 수 없었다.
2. IRM으로 역충전한 경우 피질골의 재생과

신생 골조직의 형성이 관찰되었으나 충전재 주위와 골조직에 심한 염증세포의 침윤을 관 찰할 수 있었다.

3. Ketac-silver로 역충전한 경우 치밀하고 두터운 피질골 및 만성염증세포의 침윤을 보이는 신생골의 형성과 절단된 상아질면에 섬유성결체 조직이 관찰되었다.
4. MTA로 역충전한 경우 조직화되고 석회화된 피질골과 다량의 신생골이 관찰되었다.

참고 문헌

1. Abdal AK, Retief DH : The apical seal via the retrosurgical approach 〈1. A preliminary study〉. Oral Surg 53 : 614−21, 1982.
2. Al-Ajam ADK, McGregor AJ : Comparison of the sealing capabilities of Ketac-silver and extra copper alloy amalgam when used as retrograde root canal filling. J Endodon 19 : 353−6, 1993.
3. Alhadainy HA, Elsaed HY, Elbaghdady YM : An electrochemical study of the sealing ability of different retrofilling materials. J Endodon 19 : 508−11, 1993.
4. Altonen M, Mattila K : Follow-up study of apicoectomized molars. Int J Oral Surg 5 : 33−40, 1976.
5. Barkhordar RA, Pelzner RB, Stark MM. : Use of glass ionomers as a retrofilling materials. Oral Surg 67 : 734−9, 1989.
6. Becker RM, Hume WR, Wolinsky LE : Release of eugenol from mixtures of zinc oxide and eugenol in vitro. J Pedodont 8 : 71−7, 1983.
7. Beltes P, Zervas P, Lamvrianidis T, Molyvdas I : In vitro study of the sealing ability of four retrograde filling materials. Endod Dent Traumatol 4 : 82−4, 1988.
8. 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.
9. Bondra D, Hartwell GR, MacPherson M, Portell FR : Leakage in vitro with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. J Endodon 15 : 157−60, 1989.
10. Carr GB : Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. Endo Rep 7 : 6, 1992.
11. Carr, GB : Microscopes in endodontics. Calif Dent Asso J 20 : 55 Nov., 1992.
12. Civjan S, Huget EF, Wolfhard G, Waddell LS : Characterization of zinc oxide-eugenol cements reinforced with acrylic resin. J Dent Res 51 : 107−14, 1972.
13. Crane DL, Heuer MA, Kaminski EJ, Moser JB : Biological and physical properites of an experimental root canal sealer without eugenol. J Endod 6 : 438−45, 1980.
14. Crooks WG, Anderson RW, Powell BJ, Kimbrough WF : Longitudinal evaluation of the seal of IRM root end fillings. J Endodon 20 : 250−2, 1994.
15. Delivanis P, Tabibi A : A comparative sealability study of different retrofilling materials. Oral Surg 45 : 273−81, 1978.
16. Dorn SO, Gartner A : Retrofilling materials : a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. J Endodon 16 : 391−3, 1990.
17. Dow PR, Ingle JI : Isotope determination of root canal failure. Oral Surg 8 : 1100−4, 1955.
18. Finne K, 0Nord PG, Persson G, Lennartsson B : Retrograde root filling with amalgam and Cavit. Oral Surg 43 : 621−6, 1977.
19. Flanders DH, James GA, Burch B, Dockum N : Comparative histologic study of zinc-free amalgam and Cavit in connective tissue of the rat. J Endodon 1 : 56−9, 1975.

20. Frank AL, Click DH, Patterson SS, Weine FS : Long term evaluation of surgically placed amalgam fillings. J Endodon 18 : 392−8, 1992.
21. Friedman S : Retrograde approaches in endodontic therapy. Endodon Dent Traumatol 7 : 97−107, 1991.
22. Gartner AH, Dorn SO : Advances in endodontic surgery. Dent Clin North Am 36 : 357−79, 1992.
23. Giheany PA, Figdor D, Tyas MJ : Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. J Endodon 20 : 22−6, 19 94.
24. Grossman LI. Endodontic practice 10th Ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1981 : 373
25. 25. Grung B, Molven O, Halse A : Periodontal surgery in a Norwegian county hostpital : follow-up findings of 477 teeth. J Endodon 16 : 411−7, 1990.
26. Harris MH : Apicoectomy and retrograde amalgam in mandibular molar teeth. Oral Surg 48 : 405−7, 1979.
27. Harty FJ, Parkins BJ, Wengral AM : Success rate in root canal therapy. A retrospective study of conventional cases. Br Dent J 128 : 65−70, 1970.
28. Hong CU, McKendry DJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M : Healing of furcal lesions repaired by amalgam or mineral trioxide aggregate. J Endodon 20 : 197, 1994 『Abstract』.
29. Hume WR : An Analysis of the release and the diffusion through dentin or eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures. J Dent Res 63 : 881−4, 1984.
30. Hume WR : Effect of eugenol on respiration and division in human pulp, mouse fibroblasts, and liver cells in vitro. J Dent Res 63 : 1262−5, 1984.
31. Ingle JI : Root canal obturation. J Am Dent Assoc 53 : 47−55, 1956.
32. Ingle JI, Bakland LK : Endodontics, 4th ed. Williams & Wilkins, 1994, p739.
33. Inoue 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.
34. Kaga M, Seale NS, Hanawa T, Ferracane JL, Okabe T : Cytotoxicity of amalgams. J Dent Res 67 : 1221−4, 1988.
35. Kaplan SD, Tanzilli JP, Raphael D, Moodnik RM : A comparison of the marginal leakage of retrograde techniques. Oral Surg 54 : 583−5, 1982.
36. Kawahara H, Nakamura M, Yamagami A, Nakanishi T : Cellular responses to dental amalgam in vitro. J Dent Res 54 : 394−401, 1975.
37. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA : Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. J Endodon 16 : 307−10, 1990.
38. Kos WL, Aulozzi DP, Gerstein H : A comparative bacterial microleakage study of retrofilling materials. J Endodon 8 : 355−8, 1982.
39. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M : Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endodon 19 : 541−4, 1993.
40. Lin L, Skribner J, Shovlin F, Lngeland K : Periapical Surgery of mandibular posterior teeth : Anatomical and surgical consiederations. J Endodon 9 : 496−501, 19 83.
41. Maher WP, Johnson RL, Hess J, Steiman HR : Biocompatibility of retrograde filling materials in the ferret canine. Oral Surg 73 : 738−45, 1992.
42. Marcotte LR, Dowson J, Rowe NH : Apical

healing with retrofilling materials amalgam and gutta-percha. J Endodon 1 : 63−5, 1975.
43. Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S : Biologic properites of eugenol and zinc oxide-eugenol. Oral Surg 73 : 729−37, 1992.
44. Mattison GD. Fraunhofer J, Delivanis P, Anderson A : Microleakage of retrograde amalgams. J Endodon 11 : 340−5, 1985.
45. MacNeil K, Beatty R : Ketac silver and Fuji II as reverse fillings : a dye study 「Abstract 1520」. J Dent Res 66 : 297, 1987.
46. Moodnik RM, Levey MH, Besen MA, Borden BG : Retrograde amalgam filling : a scanning electron microscopic study. J Endodon 1 : 28−31, 1975.
47. Omnell KA : Electrolytic precipitation of zinc carbonate in the jaw : an unusual complication after root resection. Oral Surg 12 : 846−51, 1959.
48. Orr J : Simplified retrograde endodontics. J Missouri Dent Assoc 51 : 7−10, 1971.
49. Owadally ID, Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF : The sealing ability of IRM with the addition of hydroxyapatite as a retrograde root fillings. Endod Dent Traumatol 9 : 211−5, 1993.
50. Oynick J, Oynick T : A study of a new material for retrograde fillings. J Endodon 4 : 203−6, 1978.
51. Pashley EL, Tao L, Pashley DH : The sealing properties of temporary filling materials and bases. J Prothet Dent 60 : 292−9, 1988.
52. 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.
53. Pitt Ford TR, Roberts GJ : Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. Int Endo 23 : 233−8, 1990.
54. Rapp EL, Brown CE, Newton CW : An analysis of success and failure of apicoectomies. J Endodon 17 : 508−12, 1991.
55. Rud J, Andreasen JO, Jensen JEM : Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. Int J Oral Surg 1 : 195−214, 1972.
56. Schwartz SA, Alexander JB : A comparison of leakage between silver-glass ionomer cement and amalgam retrofillings. J Endodon 14 : 385−91, 1988.
57. Seltzer S. Endodontology : Biologic considerations in endodontic procedures. Philadelphia : Lea & Febiger, 1988.
58. Smee G, Bolanos OR, Morse DR, Furst ML, 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.
59. Smith GA, Wilson NHF, Combe FC : Microleakage of conventional and ternary amalgam restorations in vitro. Br Dent J 144 : 69−73, 1978.
60. Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J : Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. J Endodon 11 : 218−23, 1985.
61. Tanzilli JP, Raphael D, Moodnik RM : A comparison of the marginal adaptation of retograde techniques : A scanning electron microscopic study. Oral Surg 50 : 74−80, 1980.
62. Tidmarsh BG, Arrowsmith MG : Detinal tubules at the root ends of apicoected teeth : a scanning electron microscopic study. Int Endod J 22 : 134−9, 1989.
63. Tobias RS, Browse RM, Plant CG, Ingram DW : Pulpal response to a glass ionomer cement. Br Dent J 144 : 345−50, 1978.
64. Torabinejad M, Eby WC, Naidorf IJ : Inflammatory and immunological aspects of

the pathogenesis of human periapical lesions. J Endodon 11 : 479−88, 1985.
65. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR : Dye leakage of four root end filling materials : Effects of blood contamination. J Endodon 20 : 159−63, 1994.
66. Torabinejad M, Hong CU, Kettering JD : Antibacterial effects of some root end filling materials. J Endodon 19 : 200, 1993 『Abstract』.
67. 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 『Abstract』.
68. 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.
69. Tronstad L, Trope M, Doering A, Hasselgren G : Sealing ability of dental amalgams as retrograde fillings in endodontic therapy. J Endodon 9 : 551−3, 1983.
70. Tronstad L, Wennberg A : In vitro assessment of the toxicity of filling materals. Int Endo J 13 : 131−8, 1980.
71. Tuggle ST, Anderson RW, Pantera EA, Neaverth EJ : A dye penetration study of retrofilling materials. J Endodon 15 : 122−5, 1989.
72. Weine FS : Endodontic therapy. 4th ed. St. Louis : CV Mosby. 1989 : 461.
73. Wilson AD, Kent BE : A new translucent cement for dentistry-the glass ionomer cement. Br Dent J 132 : 133−5, 1972.
74. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M : A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. J Endodon 20 : 279−82, 1994.
75. Yoshimura M, Marshall FJ, Tinkle JS : In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam fillings. J Endodon 16 : 9−11, 1990.
76. Zetterqvist L, Anneroth G, Nordenram A : Glass ionomer cement as retrograde filling material. Int J Oral Maxillofac Surg 16 : 459−64, 1987.
77. Zmener O, Dominguez FV : Tissue response to a glass ionomer used as endodontic cement : a preliminary study in dogs. Oral Surg 56 : 198−205, 1983.

사진 부도 설명

Fig. 1. Radiograph showing the radiolucent bone cavity after root end filling with amalgam, IRM, ketac-silver and MTA.

Fig. 2. Radiograph result of Fig. 1 after 16 weeks.

Fig. 3. Amalgam root end filling with disruption of cortical bone and severe inflammation(×40, Villanueva stain).

Fig. 4. Amalgam root end filling with disruption of cortical bone and severe inflammation(×40, Masson's trichrome stain).

Fig. 5. IRM root end filling with thin cortical bone and moderate inflammation(×40, Villanueva stain).

Fig. 6. IRM root end filling with thin cortical bone and moderate inflammation(×40, Masson's trichrome stain).

Fig. 7. Ketac-silver root end filling with complete regeneration of cortical bone and thick fibrotic connective tissues (×40, Villanueva stain).

Fig. 8. Ketac-silver root end filling with complete regeneration of cortical bone and thick fibrotic connective tissues (×40, Masson's trichrome stain).

Fig. 9. MTA root end filling with minimal inflammation and thin fibrotic connective tissue (×40, Villanueva stain).

Fig.10. MTA root end filling with minimal inflammation and thin fibrotic connective tissue (×40, Masson's trichrome stain).

Fig.11. The free MTA is surrounded by new bone with minimal inflammation (×100, H-E stain).

Fig. 1

Fig. 2

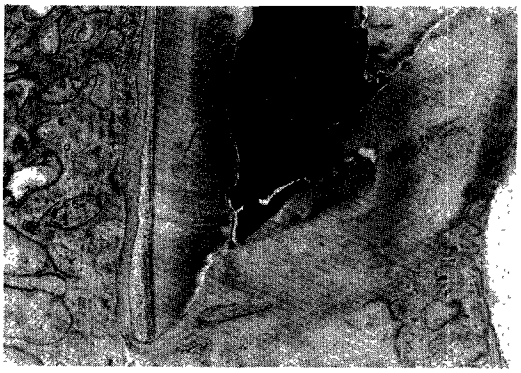

Fig. 3

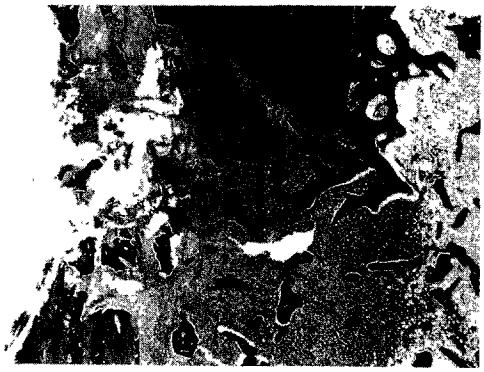

Fig. 4

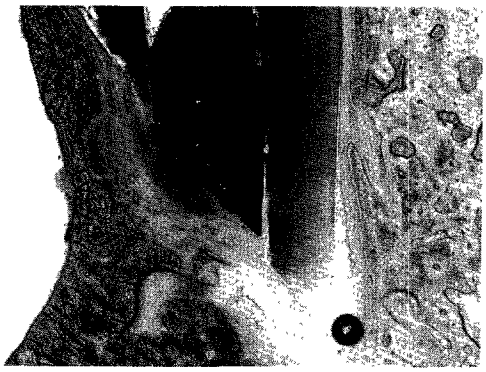

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

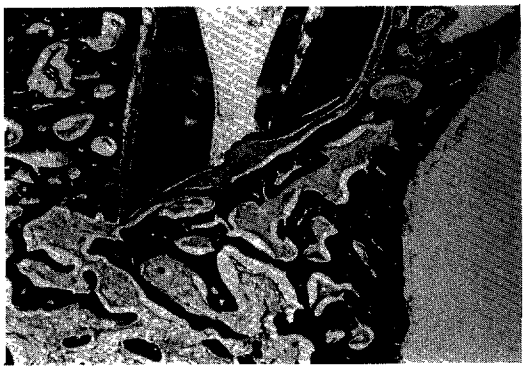

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11