

치근단절제 및 역충전와동 형성방법이 치근단누출에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 보존학교실

양정옥 · 김성교 · 권태경

ABSTRACT

INFLUENCES OF APICOECTOMY AND RETROGRADE CAVITY PREPARATION METHODS ON THE APICAL LEAKAGE

Jeong-Ok Yang, Sung-Kyo Kim, Tae-Kyung Kwon

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry
Kyungpook National University, Taegu, Korea*

The purpose of this study was to evaluate the influence of root resection and retrograde cavity preparation methods on the apical leakage in endodontic surgery.

To investigate the effect of various root resection and retrograde cavity preparation methods on the apical leakage, 71 roots of extracted human maxillary anterior teeth and 44 mesiobuccal roots of extracted human maxillary first molars were used. Root canals of the all the specimens were prepared with step-back technique and filled with gutta-percha by lateral condensation method.

Three millimeters of each root was resected at a 45 degree angle or perpendicular to the long axis of the tooth according to the groups. Retrograde cavities were prepared with ultrasonic instruments or a slow-speed round bur, and occlusal access cavities were filled with zinc oxide eugenol cement.

Three coats of clear nail polish were placed on the lateral and coronal surfaces of the specimens except the apical cut one millimeter. All the specimens were immersed in 2% methylene blue solution for 7 days in an incubator at 37°C.

The teeth were dissolved in 14 ml of 35% nitric acid solution and the dye present within the root canal system was returned to solution.

The leakage of dye was quantitatively measured via spectrophotometric method. The ob-

tained data were analysed statistically using two-way ANOVA and Duncan's Multiple Range Test.

The results were as follows:

1. No statistically significant difference was observed between ultrasonic retrograde cavity preparation method and slow-speed round bur technique, without apical bevel ($p > 0.05$).
2. Ultrasonic retrograde preparation method showed significantly less apical leakage than slow-speed round bur technique, with bevel ($p < 0.0001$).
3. No statistically significant difference was found between beveled resected root surface and non-beveled resected root surface, with ultrasonic technique ($p > 0.05$).
4. Non-beveled resected root surface showed significantly less apical leakage than beveled resected root surface, with slow-speed round bur technique ($p < 0.0001$).
5. No statistically significant difference in apical leakage was found between the group of retrograde cavity prepared parallel to the long axis of the tooth and the group of one prepared perpendicular to the long axis of the tooth ($p > 0.05$).
6. Regarding isthmus preparation, ultrasonic retrograde preparation method showed significantly less apical leakage than slow-speed round bur technique, in the mesiobuccal root of maxillary molar, without bevel ($p < 0.0001$).

Key words : apicoectomy, retrograde cavity, apical leakage, maxillary first molar, ultrasonic, apical bevel, isthmus

I. 서 론

근관계의 완전한 정화 및 성형에 이어 치근단 삼출물의 근관내 교통을 허용하지 않는 근관계의 완전한 밀봉이 근관치료의 성공을 좌우한다. 통상의 비외과적 근관치료는 매우 높은 성공률을 가진다고 알려져 있으나 치아가 통상적인 근관치료에 대해 좋은 반응을 나타내지 않거나 비외과적인 방법에 의해 적절히 치료되지 않는 경우에는 외과적 근관치료를 통하여 병소를 제거하고 근관을 완전히 봉쇄시킬 수 있다¹⁻³⁾.

외과적 근관치료의 술식에 관하여, 1884년 Farrar⁴⁾는 현재의 치근단 절제술과 유사한 방법으로 치근을 절제하여 치조농양을 치료했음을 보고하였고, Rhein⁵⁾도 만성치조농양의 치료법으로 치근을 절제할 것을 주장하였으며, Everett 등⁶⁾은 치근단 절제술식에 관해, Nicholls⁷⁾는 치근의 절제와 역충전에 대해 언급한 바 있다.

외과적 근관치료의 주된 목적은 외과적인 방법을 통한 병소의 제거와 근관의 완전한 폐쇄에 있다. 치근단 수술시의 근단 폐쇄성에 관하여, Harrison 과 Todd⁸⁾는 치근단 절제를 위한 고속 핸드피스 사용이 치근단 밀폐에 미치는 영향을 연구한 바, 근관이 gutta-percha와 sealer로 잘 충전된 경우에는 고속 핸드피스를 사용하여 치근단을 절제하여도 치근단 밀폐에는 아무런 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 한편 Rud와 Andreasen⁹⁾은 외과적 근관치료를 요하는 대부분의 경우는 근관내 좌멸괴사조직의 제거가 미흡함에 기인한 질환이므로 치근단의 완전한 밀폐를 위하여 모든 절단 치근에 역충전을 해야 한다고 주장하였다¹⁰⁾.

역충전와동 형성시 사용되는 기구에 관해서 Grossman 등¹¹⁾은 초소형 콘트라앵글(microhead contra-angle)과 minibur의 사용을 추천하였고, Reit 와 Hirsch¹²⁾는 수동 기구의 사용을 추천한 바 있다. 그리고 초음파 기구를 이용한 예로는

Richman¹³⁾이 초음파 끝을 이용하여 인접골을 삭제하고 치질을 절제한 이후, Bertrand¹⁴⁾은 스케일러를 변조하여 치근단 와동을 형성한 바 있으며, Flath 와 Hicks¹⁵⁾는 역충전와동을 형성하기 위해 초음파 및 음파기구를 이용한 바 있다.

최근에는 치근단 와동형성을 위해 특별히 고안된 음파 및 초음파 장치기구와 다양한 tip이 소개되고 있는데^{16, 17)}, 역충전와동 형성을 위한 초음파 기기의 사용에 관한 연구로서, 이와 김¹⁸⁾은 역충전와동 형성을 위한 초음파 기기의 적절한 출력을 구하기 위해 초음파 기기의 출력이 따른 와동형성의 효율 및 치질의 균열발생빈도를 연구한 바 있고, 김 등¹⁹⁾은 저속 round bur와 초음파 기구 등 기구에 따른 역충전 와벽의 형태 및 와동정화도를 평가한 바 있다. 그리고 임과 김²⁰⁾은 다이아몬드와 스테인레스 스틸 등 초음파 기구의 금속 재질에 따른 상아질 삭제능력, 와동형성효율 및 치질의 균열발생 빈도를, 김 등²¹⁾은 이들 초음파 기구의 재질에 따른 역충전 와벽의 형태 및 와동정화도를 비교 평가한 바 있다.

종래의 외과적 근관치료 술식에서는 시아의 확보를 위해 치근단 절제시 45도 정도의 사면을 부여하게 되고 역충전 와동 형성시에는 저속 핸드피스에 round bur를 장착해서 사용하게 되므로 역충전 와동의 방향이 치아의 장축에 평행하게 되기가 어려울 뿐 아니라 근관협부(isthmus) 등 근관의 특이한 형태로 인해 적절한 근단 와동을 형성하기가 불가능하다. 시아의 확보 및 기구의 접근을 위한 근단 사면의 부여는 치근 협축의 불필요한 삭제를 초래하게 될 뿐 아니라 치근 설측에 존재하는 근단부 근관계의 노출을 확인하기 어렵고, 사면으로 인한 노출 상아세관의 수를 증가시켜 상아질 투과성을 증가시킨다는 등의 단점들을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위해서는 사면의 부여 없이 치근을 치아 장축에 직각되게 절제하고 치근단 역충전와동을 근관의 불규칙한 형태에 따르면서 근관의 방향에 일치되게 형성해 줄 필요가 있는데, 증진된 시아에서 미세 기구 및 초음파 기구를 사용하는 최근의 미세 치근단 수술법이 이를 가능하게 해 주고 있다.

종래의 치근단 수술법과 수술현미경하에서 초음파 기구를 사용하는 최신 미세 치근단 수술법에 관

해, 이와 김¹⁸⁾, 김 등¹⁹⁾, 임과 김²⁰⁾, 김 등²¹⁾에 의해 저속 round bur와 초음파 기구의 역충전와동 형성효과, 상아질 삭제효과, 치아균열 발생빈도 그리고 역충전와동의 미세형태 및 와동 정화도에 관한 연구가 이루어져 왔다. 외과적 근관치료의 주된 목적은 외과적인 방법을 통한 병소의 제거와 더불어 근관의 완전한 폐쇄에 있으므로 초음파 기구를 사용한 역충전와동 형성시의 치근단 미세누출에 관한 연구가 필요하다.

저자는 둥근 형태의 근관을 갖는 전치부 치근과 근관협부를 갖는 구치부 치근에서, 미세치근단 수술법에서 사용하는 치근단절제 및 역충전와동 형성술식이 술후 치근단 미세누출에 미치는 영향을 종래의 치근단 수술법과 비교, 연구한 바 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 치근단절제 및 역충전와동 형성방법에 따른 치근단 미세누출을 평가하기 위해 행하여졌는데, 일차적으로, 단근치에서 치근단 절제시의 사면형성 유무와 저속 round bur 및 초음파 기구 등의 역충전와동 형성기구에 따른 치근단 미세누출을 평가하였으며, 이차적으로, 근관협부를 가지는 구치부 치근에서 초음파 기구를 이용하여 근관협부를 따라 와동을 형성한 경우와 round bur를 이용함으로써 근관협부를 따라 와동을 형성하지 못한 경우의 치근단 미세누출을 비교, 평가하였다.

역충전 와동형성을 위한 저속 handpiece로는 초소형 콘트라앵글(UBECO Co.)을 사용하였고, 저속 round bur로는 스테인레스 스틸 2번 round bur를 사용하였으며, 초음파기구는 Miniendo™(Excellent in Endodontics, U. S. A.)의 출력 제6 단계를, 초음파 기구는 스테인레스스틸 CT-1과 CT-5(Excellent in Endodontics, U. S. A.)를 사용하였다.

치근단 절제 각도 및 역충전와동 형성방법에 따른 치근단 누출실험

실험 대상은 최근 발거된 상악의 중절치, 측절치 및 견치 71개로 하였으며, 스케일러를 이용하여 치근 표면의 치석과 연조직을 깨끗이 제거하고,

Table 1. Methods for retrograde cavity preparation and root resection at upper anterior roots with round canal

Groups	Retrograde Cavity Preparation		Root Resection Methods (bevel)
	Instruments	Paths	
I	Ultrasonic	Parallel	No Bevel
II	Round Bur	Parallel	No Bevel
III	Ultrasonic	Parallel	Bevel
IV	Round Bur	Parallel	Bevel
V	Round Bur	Perpendicular	Bevel

모든 치아에 대한 방사선 사진을 촬영하여 근관의 수, 근관의 개방성 및 근단공 완성여부를 확인하고 치근이나 근관에 근관의 내흡수나 치근단 흡수 등의 이상이 없으면서 근관이 한 개인 것만 사용하였다. 근단으로부터 치근의 길이가 13 mm가 되게 저속 다이아몬드 절단기(Isomet™, Buehler Co. IL, U. S. A.)로 치관부를 절제한 뒤, table 1과 같이 5개의 군으로 나누어 실험하였다.

근관의 형성을 위해 각 시편의 치관부측 근관으로 15번 K-화일을 삽입하여 치근단 부위에서 파일 끝이 보이는 길이에서 1 mm를 감한 수치를 근관 작업장으로 하였으며, 치근단공에 맞는 초기 근관 화일을 선택한 후, step-back 방법으로 수동 K-화일과 H-화일을 이용하여 근관을 확대하였다. 이 때 2.5% 차아염소산나트륨 용액을 세척액으로 사용하였고, 15번 스테인레스 스틸 K-화일을 사용하여 근단공의 개방성을 수시로 확인하였다.

근관의 충전을 위해 paper point를 이용하여 근관을 완전히 건조시키고, master cone을 적합시켜 tug-back을 확인한 다음, master cone의 크기보다 한 size 작은 K-화일을 이용하여 근관 내벽에 산화아연유지놀 sealer를 도포하고 측방가압법으로 근관을 충전하였다. 치관부 측의 근관 입구를 산화아연유지놀 세멘트로 충전하여 밀폐시키고, 각 시편을 3일간, 섭씨 37도의 항온조에 보관하였다.

각 군의 시편은 다음과 같이 고안된 각도 및 방법에 따라 치근단부 3 mm를 주수하에 저속 다이아몬드 절단기로 절제하였으며 수술현미경 하에서 근단부에 역충전와동을 형성하였다. 제1 군에서는 치근단 사면의 부여없이 치아 장축에 직각이 되게 근단을 절제한 다음, 초음파기구를 이용하여 치아 장축에 평행하게 치근단에 제1 급 역충전와동을 형

성하였고, 제2 군에서는 치아 장축에 직각이 되게 근단을 절제한 다음, 저속 round bur를 사용하여 치아 장축에 평행하게 치근단에 제1 급 역충전와동을 형성하였다. 제3 군에서는 치아 장축에 45도 되게 치근단 사면을 부여하면서 근단을 절제한 다음, 초음파기구를 이용하여 치아장축에 평행하게 치근단에 제1 급 역충전와동을 형성하였고, 제4 군에서는 치아 장축에 45도 되게 치근단 사면을 부여하면서 근단을 절제한 다음, 저속 round bur를 사용하여 치아장축에 평행하게 치근단에 제1 급 역충전와동을 형성하였다. 그리고 제5 군에서는 치아 장축에 45도 되게 사면을 부여하면서 근단을 절제한 다음, 저속 round bur를 사용하여 치아 장축에 직각되게 치근단 역충전와동을 형성하였다 (Table 1 참조).

근관협부 처리에 따른 치근단 누출 실험

실험대상은 상악 제1 대구치의 근심협측 치근 44 개로 하였으며, 모든 시편치아에서 근단으로부터 치근의 길이가 13 mm가 되게 저속 다이아몬드 절단기로 치관부를 절제한 뒤, 위와 동일한 방법으로 근관을 형성하고 충전하였다. 치관부측 근관입구를 산화아연유지놀 세멘트로 충전하여 밀폐시키고 각 시편을 3일간 섭씨 37도의 항온조에 보관한 후, 저속 다이아몬드 절단기를 이용하여 치근단 사면의 부여없이 치아 장축에 직각이 되게 근단을 3 mm 절제한 다음, 근관협부의 길이와 형태에 따라 고르게 배분하여 2개의 군으로 나누어 수술현미경 하에서 역충전와동을 형성하였다.

제1 군(초음파기구 사용 군)에서는 초음파기구를 이용하여 치아장축에 평행하게 치근단에 근심

Table 2. Methods for retrograde cavity preparation and root resection at mesiobuccal roots with isthmus-containing canal

Groups	Retrograde Cavity Preparation		Root Resection Methods (bevel)
	Instruments	Paths	
I	Ultrasonic	Parallel	No Bevel
II	Round bur	Parallel	No Bevel

협측 근관과 근심설측 근관 그리고 그 사이의 근관협부를 포함하는 제1 급 역충전와동을 형성하였고, 제2 군(저속 round bur 사용 군)에서는 저속 round bur를 이용하여 치아 장축에 평행하게 치근단에 근심협측 근관만을 포함하는 제1 급 역충전와동을 형성하였다(Table 2 참조).

치근단 절제 및 역충전와동 형성방법에 따른 치근단 누출실험과 근관협부 처리에 따른 치근단 누출 실험의 모든 시편에서 역충전와동의 깊이는 3 mm로 하였으며, 와동 형성 후 와동 내벽의 gutta-percha를 근관 plugger로 수직 가압하였다. 형성된 역충전 와동을 건조 압축공기로 건조시킨 뒤, IRM 임시충전재(L. D. Caulk Co. U. S. A.)를 제조회사의 지시대로 혼합하여 와동을 충전하고 여분의 IRM은 discoid carver로 제거한 뒤 섭씨 37도의 항온조에 24시간 보관하였다.

색소침투 및 침투량 측정

시편을 완전히 건조시킨 다음, 치근의 근단부 1 mm 까지를 제외한 모든 치면을 nail polish로 3회 도포하였으며, 시편의 치근단을 항온조에서 2% methylene blue 용액에 7일간 침잠시켰다.

색소에 침잠시킨 시편을 흐르는 물에서 24시간 동안 세척한 후 완전히 건조시킨 다음, 예리한 조각도 및 rubber wheel로 치면의 nail polish와 치면 색소를 제거하였다.

비색의 기준치를 정하기 위해, 상기와 같은 방법으로 근관을 형성, 충전하고 근단을 절제, 역충전한 후 색소에 침잠시키지 않은 시편치질을 용해시킨 35% 질산 용액을 대조군으로 하였다. 치질이 용해된 35% 질산 용액 내의 methylene blue 색소 측정을 위한 적절한 파장을 찾기 위해 분광광도계(Ultrospec 3000, Pharmacia Biotech, England)

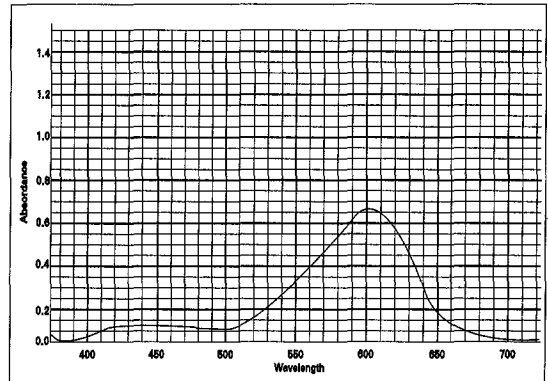


Fig. 1. Wave length scanning for detection of methylene blue dye in specimens.

를 이용하여 200 nm에서부터 900 nm 까지의 파장범위에서 스캐닝한 결과, 파장 600 nm에서 가장 큰 변화를 보였으므로 600 nm의 파장에서 검량선을 구하였다. 시편을 35% 질산용액 14 ml가 든 tube 내에 72시간 동안 넣어 두어 치질을 탈회, 용해시켰으며, 부유물을 침적시키기 위해 용해물을 원심분리하였다. 원심분리하여 얻은 상층액 1 ml를 채취하여 cuvette에 넣은 다음 색소의 흡광도를 측정하여 색소의 농도를 산출하였다(Fig. 1. 참조).

실험결과와 통계적 분석

각 군간의 실험치 평균의 차이는 이원변량분석법(two-way ANOVA) 및 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 분석하였고, 두 군간의 비교분석은 Student t-test를 이용하였다.

Table 3. Concentrations of the leaked methylene blue in specimens with round canal (mean±S. D.)

Groups	n	Dye Concentrations (µg/ml)
I (U ∥, B-)	14	0.96 ± 0.72
II (R ∥, B-)	13	1.21 ± 1.04
III (U ∥, B+)	15	0.85 ± 0.50
IV (R ∥, B+)	15	2.05 ± 1.55
V (R⊥, B+)	14	2.56 ± 1.06

U: ultrasonic, R: round bur, B+: root resection with bevel, B-: root resection with no bevel, ∥: parallel path to the long axis of the tooth, ⊥: perpendicular path to the long axis of the tooth.

Table 4. Concentrations of leaked methylene blue in specimens with isthmus-containing canal (mean±S.D.)

Groups	n	Dye Concentrations (µg/ml)
Ultrasonic	22	4.55 ± 1.85
Round Bur	22	8.30 ± 2.99

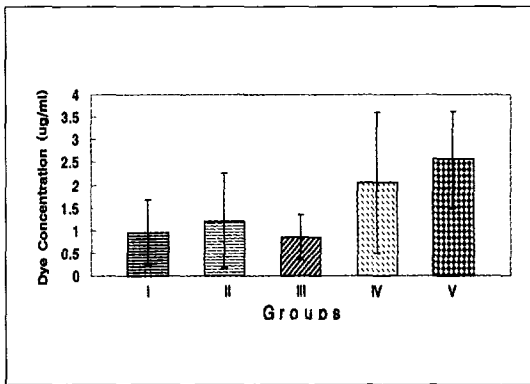


Fig. 2. Graphical representation of leaked methylene blue concentrations in specimens with round canal (mean±S.D.).

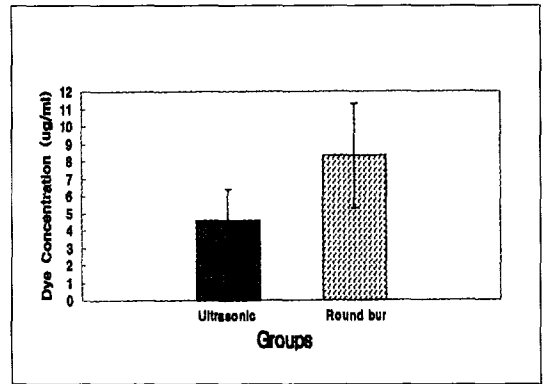


Fig. 3. Graphical representation of the leaked methylene blue concentrations in specimens with isthmus-containing canal (Mean±S.D.).

III. 성 적

1. 치근단 절제방법 및 역충전와동 형성방법에 따른 치근단 누출.

치근단 절제방법 및 역충전와동 형성방법에 따른 미세누출의 정도는 table 3 및 fig. 2 와 같이 나타났다.

치근단 절제시에, 치아장축에 직각으로 절제하여 치근단 사면을 형성하지 않은 경우는, 초음파 기구로 치아장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군과 저속 round bur를 이용하여 치아장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군간에 미세누출에 있

어서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$). 그러나, 치근단 사면을 형성한 군은, 초음파 기구로 치아장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 경우가 저속 round bur를 사용하여 치아장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군보다 유의하게 적은 누출을 보였다($p<0.0001$).

초음파 기구를 사용하여 역충전와동을 형성한 경우에는 치근단 사면의 형성여부에 관계없이 누출에 유의한 차이가 나타나지 않았고($p>0.05$), 저속 round bur를 사용한 경우에는 사면을 형성하지 않은 군이, 45도의 사면을 형성한 군보다 미세누출이 유의하게 적게 나타났다($p<0.0001$).

그리고 치아장축에 45도가 되게 사면을 형성하

면서 치근단 절제를 한 경우에, round bur로 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군은, 치아 장축에 직각으로 역충전와동을 형성한 군보다 미세누출이 적게 나타났지만, 유의한 차이는 없었다 ($p>0.05$).

2. 근관협부 처리에 따른 치근단 누출.

상악 제1 대구치의 근심협측치근에서 근관협부 부위의 역충전와동 형성방법에 따른 미세누출의 정도는 table 4 및 fig. 3과 같이 나타났다.

초음파기구를 이용하여 치아장축에 평행하게 치근단에 근심협측 근관과 근심설측 근관 그리고 그 사이의 근관협부를 포함하는 제1 급 역충전와동을 형성한 군은 저속 round bur를 이용하여 치아 장축에 평행하게 치근단에 근심협측 근관만을 포함하는 제1 급 역충전와동을 형성한 군에 비해 유의성있게 적은 치근단 누출을 나타내었다($p<0.0001$).

IV. 고 찰

치근단 수술은 통상적 근관치료에서와 마찬가지로 치근단 병소의 원인이 되는 자극원을 제거하고 병소가 치유될 수 있는 환경을 만들어 줌과 동시에 병의 재발을 방지하고자 하는 술식이다.

수술현미경의 도입과 더불어 미세 수술기구 및 초음파 기구의 사용은 치근단 수술의 기법을 현저히 변화시켰다. 수술현미경의 사용은 배율의 증가 뿐 아니라 술야의 조도를 증가시킴으로써 시야를 증진시켰으며²⁸⁾, 이와 더불어 현미경용 미세기구들의 사용은 치료 술식의 정확성을 증가시켰^{24, 29)}, 외과적 근관치료의 실패율을 줄이고 있다.

그리고 수술현미경의 도입과 더불어 치근단 역충전와동의 형성에 초음파 기구가 사용되어짐에 따라 시술의 정확성 및 편의성을 비롯한 여러 가지 이점들을 얻을 수 있다. 종래부터 치근단 역충전와동 형성시에 사용되어져 오던 저속 round bur를 이용한 방법은 치아주위 조직인 골의 삭제를 많이 해야 접근이 가능하며, 접근이 용이하지 않는 경우는 치근에 사면을 형성하게 됨으로서 잔존치근을 약화시키기 쉽다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 초음파를 이용한 술식이 개발되었다. 초음파

기구를 이용할 경우에는 육안으로 보기 힘든 근관협부를 지닌 치아, C-자형 근관, 복잡한 근관을 지닌 융합치근, 접근이 힘든 설측치근까지 치질의 삭제를 최소화하면서 와동을 형성할 수 있고^{26, 27)} 와동의 유지력도 우수하다²⁸⁾.

본 연구에서는 등근 형태의 근관을 갖는 전치부 치근과 근관협부를 갖는 구치부 치근에서, 최근 미세치근단 수술법에서 사용하는 치근단절제 및 역충전와동 형성술식을 종래의 치근단 수술법 과 치근단 미세누출의 측면에서 비교, 연구하였다.

치근단의 폐쇄를 측정하기 위한 방법은 주사전 자현미경을 이용한 방법과, autoradiography, 전기화학법, 미생물 이용법, 공기 압력법 그리고 색소 침투법 등이 사용되어져 오고 있다. 여러 가지 색소 중 methylene blue는 가장 경제적이고 손쉽게 구할 수 있으며 침투력이 좋은 재료로 근관협부 확인을 위해 사용하거나, 미세누출 연구를 위해 사용된다. Matloff 등²⁹⁾ 은 충전된 공간에서 methylene blue와 흔히 사용되는 세 가지 방사성 동위원소를 비교 할 경우에 methylene blue가 추적자보다 근관내 침투력이 우수함을 보고하였다.

색소 누출을 평가하는 방법으로는 선측정법과 랑측정법이 있는데, 선측정법으로는 색소가 침투한 깊이는 측정할 수 있는 반면에 상아세관이나 치근의 미세부위 등에 침투한 색소의 양을 측정할 수 없다는 단점을 가지고 있다³⁰⁾. 이에 Douglas와 Zakariassen³¹⁾ 및 Zakariassen 등³⁰⁾ 은 색소 회복법을 고안하였는데, 이 방법은 치아를 질산에 용해시켜 분광광도계(spectrophotometer)하에서 색소의 분광광도 계수치를 측정함으로써 질산에 용해된 색소의 농도를 측정하는 방법으로서 색소를 정량적으로 분석하는 방법이다. 본 실험에서는 치근단 미세부위의 누출 등을 포함하여 정밀한 정량적 측정비교가 필요하여 시편에 색소를 침투시켜 근관내로 침투한 색소의 양을 분광광도계를 이용하여 측정하고 누출정도를 평가하였다.

본 실험에서 역충전와동 형성기구에 따른 치근단 누출의 양을 비교한 결과는, 초음파기구를 이용하여 역충전와동을 형성한 경우에는, 치근단 절제시 사면의 부여에 관계없이 치근단 누출에 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 저속 round bur를 이용한 경우에는, 사면을 형성하지 않은 군이

사면을 형성한 군에 비해 유의하게 적은 미세누출을 나타내었다.

치근단 절제시 사면을 형성하게 되면, 술자는 치근단 근관을 보다 쉽게 확인할 수 있으며 아울러 역충전 또한 용이하게 시행할 수 있지만 상당히 많은 협착 골을 삭제해야 하므로 치주건강에 유해할 뿐만 아니라 잔존 치질의 약화를 초래한다. 게다가 이러한 치질의 약화와 더불어 치근단면의 상아질을 통한 미세누출의 위험성이 증가할 수 있다. Marshall 등³²⁾은 동위원소를 이용하여, Martin 등³³⁾은 procaine, penicillin G 및 포르모크레졸 등의 약제를 이용하여, 그리고 Anderson 과 Ronning³⁴⁾은 색소를 이용하여 연구한 바, 상아질이 이들 여러 가지 물질에 대해 투과성이 있음을 밝혔다. Ichesco 등³⁵⁾은 측방가압법으로 근관충전을 시행한 후, 치아장축에 대해 45도의 사면을 형성한 군과 사면을 형성하지 않고 치아장축에 수직되게 절제한 군 사이의 미세누출을 색소침투와 함께 분광광도계를 이용해서 비교한 결과, 사면을 형성한 군은 수평 절단된 치근보다 상아질을 통한 누출이 더 많다고 보고하였다. Gilheany 등³⁶⁾도 치근단 사면의 각이 증가할 수록 상아세관을 통한 누출로 인해 치근단 누출이 더 심해짐을 보고했고, 치근단 미세누출을 줄이기 위해서는 사면의 각을 최대한 작게 해야 한다고 주장하였으며, Tidmarsh와 Arrowsmith³⁷⁾는 절제된 치근단면에는 상아세관이 무수히 존재하므로 사면을 적게 할수록 미세누출을 감소시킨다고 하였다.

본 실험에서도 저속 round bur를 사용할 때 사면을 형성한 경우가 사면을 형성하지 않은 경우보다 미세누출이 많이 나타났는데 이는 사면을 형성함으로써 상아세관을 통한 누출이 증가되기 때문이라는 Ichesco 등³⁵⁾ 과 Gilheany 등³⁶⁾, Tidmarsh와 Arrowsmith³⁷⁾의 보고와 일치하며, 임상에서도 치근단누출을 감소시키기 위해서는 가급적 사면을 최소화하며 치근을 절제하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

한편 초음파 기구의 tip은 직경과 길이가 작을 뿐만 아니라 손잡이와 90도를 이루는 tip의 모양으로 인하여 쉽게 치근단에 접근할 수 있으므로 사면의 형성을 최소화할 수 있는 이점을 제공할 수 있다.

도말층은 수동기구나, 회전식 전동기구로 치아

경조직을 절단할 때 생기는 것으로^{38, 39)} 이러한 도말층이 형성되면, 충전물이 상아세관으로 들어가 와동을 봉쇄하는 것을 막기 때문에 미세누출누출의 요인이 될 수 있다⁴⁰⁾. 김 등²¹⁾은 저속 round bur 및 초음파기구의 와동형성법에 따른 역충전 와동벽의 정화도를 관찰한 결과, 초음파로 역충전와동을 형성한 경우가, round bur 에 의해 형성된 와동보다 도말층이 더 적게 나타난다고 보고하였다. 본 실험에서, 45도의 사면을 부여하면서 치근단을 절제하고 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 경우, 초음파기구를 이용한 군은 저속 round bur를 이용한 군에 비해 유의하게 적은 치근단 누출을 보였다. 이러한 결과는 초음파기구에 의한 역충전와동이 round bur에 의한 와동에서보다 도말층이 적게 형성됨으로써 더욱 긴밀한 치근단 폐쇄를 얻을 수 있었기 때문이라 사료된다.

그리고 본 실험에서 치근단 절제시 사면을 부여하지 않으면서 치아 장축에 대해 직각이 되게 치근단을 절제하고 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 경우, 초음파기구를 이용한 군과 저속 round bur를 이용한 군 사이에는 미세누출에 있어서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이와 손⁴¹⁾의 연구에서도 치근을 치아장축에 대해 수평 절단한 상태에서 역충전을 시행하고 충전물에 대한 조건을 동일하게 하고, 초음파기구로 역충전와동을 형성한 경우의 치근단 누출과 round bur를 사용하여 역충전와동을 형성한 경우의 치근단 누출을 비교한 결과, 초음파기구를 이용한 군이 round bur를 이용한 군에 비해 보다 적은 누출을 보였지만, 유의한 차이는 없다고 보고한 바 있다. 따라서 사면을 부여하지 않은 치근단절제후에 치근에 평행하게 역충전와동을 형성할 경우 사용된 기구의 종류는 치근단 미세누출에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

임상에서, 저속 핸드피스에 round bur를 장착하여 역충전와동을 형성할 경우에, 수술야가 협소함으로 인해 기구를 치아장축에 평행하게 삽입하기가 힘들어, 대개 치아장축에 수직인 방향으로 기구가 삽입되고, 따라서 역충전와동도 치아장축에 수직인 방향으로 형성되어진다. 이에 본 실험에서는 임상에서 사면을 부여한 치근단절제 후, round bur로 치아장축에 수직인 방향으로 역충전

와동을 형성할 경우에, 이것이 치근단 미세누출에 미치는 영향을 알아보기 위해 와동이 형성된 방향에 따른 누출의 양을 서로 비교하였다. 그 결과 상악 단근치에서 치근단 절제시 45도의 사면을 부여한 경우에는, 저속 round bur로 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군은 치아 장축에 직각으로 역충전와동을 형성한 군에 비해 미세누출이 적게 나타났지만, 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나, 실제 임상에서 치근단에 대한 접근이 어려워서 치아장축에 수직으로 역충전와동을 형성할 경우에는 치근단부의 상아질층을 많이 제거하게 되고, 위약한 치질이 남게 되어, 잔존치질의 약화를 초래할 위험이 커진다. 그러므로, 사면을 형성하고 round bur를 이용하여 치근단 역충전와동을 형성할 경우는 가능한 한 치아장축에 평행한 각도에 가깝게 와동을 형성하도록 노력을 기울여야 할 것으로 사료된다.

치근내 존재하는 근관의 형태는 매우 복잡한데 치근의 단순한 절제가 이들의 복잡한 근관계를 노출시킨다. 이 중에는 fins, 근관협부 그리고 C-자형 근관 등 다양한 변이를 가지고 있다. 그 중에서 근관협부는 동일 치근내에 존재하는 두 근관 사이의 좁은 연결부위로, 일반적으로 그 내부에는 치수조직이 함유되어 있다⁴²⁾. 근관협부는 상악 제1 대구치의 근심협측 치근과 하악 제1 대구치 근심치근에 빈도가 높다. Kulild와 Peters⁴³⁾는 상악 제1 대구치의 근심협측 치근중 95% 정도가 두 개의 근관을 가짐과 동시에 근관협부를 지닌다고 언급하면서 이의 임상적 중요성을 지적하였다. 최근 수술현미경의 도입과 더불어 종래에는 육안으로 관찰이 용이하지 않았던 근관협부를 직접 확인하게 됨으로써 근관협부에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 실험에서는 근관협부의 형태에 적합한 치근단 역충전와동을 형성할 수 있는지의 여부가 치근단 미세누출에 미치는 영향을 평가하기 위해, 완전성 또는 불완전성의 근관협부를 가지고 있는 상악 제1 대구치의 근심협측 치근에서 치근을 치아장축에 수직으로 절제한 뒤, 초음파 기구를 이용하여 근심협측 근관과 근심설측 근관을 포함하면서 근관협부를 따라 역충전와동을 형성한 군의 치근단 누출을 저속 round bur를 이용하여 근

심협측 근관에는 역충전와동을 형성하였으나 근심설측 근관 및 근관협부를 따라서는 역충전와동을 적절하게 형성하지 않은 군의 것과 비교하였다. 그 결과 초음파 기구를 이용하여 근관협부를 따라 역충전와동을 형성한 군은 저속 round bur를 이용하여 근관협부를 따라 역충전와동을 형성하지 못한 군에 비해 유의하게 적은 치근단 누출을 나타내었다. 이것은 임상에서 구치부 외과적 근관치료시, 초음파기구의 사용으로 근관협부에 적합한 와동의 형성이 가능하면 치근단 누출을 줄일 수 있음을 보여 준다. 지금까지는 치아에 위해를 주지 않고, 근관협부에 적합한 와동을 형성할 수 있는 방법이 없었기 때문에 근관협부는 외과적 근관치료시 거의 무시되어 왔다. 그러나 수술현미경과 미세 수술 기구의 도입으로 임상에서 근관협부를 확인할 수 있게 되었고, 초음파기구의 tip으로 근관협부에 적합한 와동의 형성이 가능하게 되었다. 그리고 종래의 치근단 수술에서 상, 하악 제1대구치의 치근단 절제술이 자주 실패하는 주원인도 이러한 근관협부를 무시한 부적절한 와동형성 때문이라고 보여진다.

외과적 근관치료시 치근단 미세누출을 줄이기 위하여 역충전와동의 깊이 및 형태에 관한 연구가 이루어져 왔다. 치근단 역충전와동의 깊이와 치근단 누출간의 관계에 관한 연구로서, Mattison 등⁴⁴⁾은 치근단을 장축에 직각으로 자를 경우에 3 mm의 아말감 깊이가 1 mm의 깊이보다 누출의 정도가 감소함을 보고하였고, Vertucci 와 Beatty⁴⁵⁾는 치근단 절제시 사면을 형성하고 와동의 깊이를 3 mm로 한 경우의 폐쇄효과를 연구, 보고하였으며, Beatty⁴⁶⁾는 와동의 깊이가 사면에서의 치관축 수준까지 연장되지 않는 경우에는 변연누출을 많이 초래한다고 보고하였다. 그리고 Gilheany 등³⁶⁾은 와동의 깊이가 3 mm에서 5 mm 정도인 경우에서 누출이 가장 적다고 보고했다.

역충전와동은 적절한 유지력을 지닌 깊이 3 mm 가량의 제1급 와동이 가장 이상적인 형태⁴⁷⁾이다. 그러나 치아 장축으로의 접근이 어려운 경우는 치아와 주변 골 조직의 제거를 최소화시키기 위하여 slot 형태의 와동을 이용하기도 한다. 한과 양⁴⁸⁾은 저속 round bur로 형성한 와동형태에 따른 변연누출을 전기화학적 방법으로 분석한 결과, 제1급 와

동과 slot 형의 경우, 와동형태의 차이에도 불구하고 두 경우에 변연누출에는 큰 차이가 없음을 보고한 바 있다.

외과적 근관치료후 치유가 되지 않는 경우는 충전물과 와동벽사이의 접촉영역에 따른 누출과 상아세관을 통한 누출을 원인으로 들 수 있다. 근단부 변연누출을 줄이기 위해 사용되는 역충전제는 근단조직에 무해하며, 흡수되지 않고, 체적의 변화가 없으며, 습기에 대한 저항성이 있어야 하고, 쉽게 조작이 가능하며, 세균과 독소에 대한 저항성이 있어야 하고, 치근단 조직과 근관 사이에 자극물질이 교통하지 못하게 함으로써 치근단 조직의 치유를 유도하여야 한다. 이러한 역충전 물질과 근관벽 사이의 누출에 관한 연구로는 주로 아말감, polycarboxylate cement⁴⁹⁾, Cavit⁵⁰⁾, 산화아연유지놀 세멘트⁷⁾, gutta-percha 또는 glass ionomer⁵¹⁾ 등의 역충전재료에 대한 연구가 시행되어져 왔다.

본 연구에서 치근단 역충전제로 사용한 IRM(Intermediated Restorative Material)은 80% 산화아연 및 20% PMMA로 된 분말과 99% 유지놀 액체로 구성되어 있는 산화아연유지놀 제제로서, 우수한 생체 적합성 및 변연부 온전성, 높은 임상 성공을 그리고 저가성 및 조작의 용이성 등의 장점을 지니고 있다. Bondra 등⁵²⁾이 Copalite를 도포한 후 시행한 아말감보다 IRM을 역충전 재료로 사용시에 미세누출이 적음을 보고한 이래, Smee 등⁵³⁾도 IRM의 우수한 폐쇄효과를 보고하였고, Harrison과 Johnson⁵⁴⁾은 IRM으로 충전후에 치근단 병소가 잘 치유됨을, Dom과 Gartner⁵⁵⁾는 외과적 수술후, 아말감과 EBA, IRM의 성공률을 비교시에 Super-EBA와 IRM이 아말감보다 폐쇄효과가 우수함을 각각 보고하였다.

본 실험에서는 발거된 치아에서 치근단 절제방법과 역충전 형성기구에 따른 치근단 누출을 정량적으로 비교하였는데, 이러한 연구의 결과가 생체에서 어떤 결과를 나타내게 될 것인가에 대해서도 평가할 필요가 있다. 따라서 동물실험 등을 통한 생체실험 등 이에 대한 보완적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 실험의 결과를 전체적으로 종합해 보면, 치근단 절제시 종래의 치근단 수술법에서 처럼 사면을 형성하기보다는 미세치근단 수술법에서와 같이

치아장축에 직각이 되도록 근단을 절제하는 것이 미세누출을 적게 초래할 것으로 보인다. 또한 사면이 부여되지 않거나, 최소한의 사면을 지닌 근단의 역충전 와동형성시에는 접근이 힘든 저속 round bur를 사용하기보다는 초음파 기구를 사용하여 근관의 장축에 평행하면서, 근관의 불규칙한 외형에 적합한 와동을 형성해 줌으로써 치근단 미세누출을 감소시켜 근관치료의 성공률을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

V. 요약

본 연구의 목적은 미세치근단 수술법에서 사용되는 치근단 절제방법 및 역충전와동 술식을 종래의 치근단 수술법에서 사용해 온 술식 및 방법과 치근단 미세누출의 측면에서 비교, 연구하고자 함이다.

치근단 절제방법 및 역충전와동 형성 방법에 따른 치근단 누출을 평가하기 위해서는 최근에 발거된 상악 중절치, 측절치 및 견치 71개를 절제 각도 및 와동 형성방법에 따라 5개의 군으로 분류하여 실험하였으며, 근관협부 처리에 따른 치근단 누출을 평가하기 위해서는 최근 발거된 상악 제 1대구치의 근심협축 치근 44개를 근관협부의 처리 유무에 따라 2개군으로 분류하여 실험하였다. 각 시편치아에서 근관을 형성하고 측방가압법으로 충전한 후 각 군에 따라 저속 다이아몬드 절단기를 이용하여 치근단 3 mm를 절제하였으며 저속 round bur 와 초음파 스테인레스 스틸 기구를 이용하여 역충전와동을 형성하고 IRM으로 역충전하였다. 시편을 2% methylene blue 용액에 7일간 침잠시킨 후 35% 질산 용액에서 용해시킨 다음, 원심분리한 상층액을 비색계를 이용하여 누출 색소의 흡광도를 측정하였다. 결과치는 이원변량분석법과 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 사면을 부여하지 않고 치아 장축에 대해 직각이 되게 치근단을 절제하고 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 경우, 초음파기구를 이용한 군과 저속 round bur를 이용한 군 사이에는 미세누출에 있어서 유의한 차이가 나

타나지 않았다($p>0.05$).

- 사면을 부여하면서 치근단을 절제하고 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 경우, 초음파기구를 이용한 군은 저속 round bur를 이용한 군에 비해 유의하게 적은 치근단 누출을 보였다($p<0.0001$).
- 초음파기구를 이용하여 역충전와동을 형성한 경우에는, 치근단 절제시 사면의 부여에 관계없이 치근단 누출에 유의한 차이가 나타나지 않았으나($p>0.05$), 저속 round bur를 이용한 경우에는, 사면을 형성하지 않은 군이 사면을 형성한 군에 비해 유의하게 적은 미세누출을 나타내었다 ($p<0.0001$).
- 치근단 절제시 사면을 부여한 경우에는, 저속 round bur로 치아 장축에 평행하게 역충전와동을 형성한 군은 치아 장축에 직각으로 역충전와동을 형성한 군에 비해 미세누출이 적게 나타났지만, 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p>0.05$).
- 초음파 기구를 이용하여 근관협부를 따라 역충전 와동을 형성한 군은 저속 round bur를 이용하여 근관협부를 따라 역충전 와동을 형성하지 못한 군에 비해 유의하게 적은 치근단 누출을 나타내었다($p<0.0001$).

참 고 문 헌

1. Mumford, J. M. and Jedynekiewicz, N. M.: Principle of endodontics, Quintessence Publishing Co., Ltd., London (1988) pp.146-152 .
2. Ingle, J. I., Cummings, R. R., Frank, A. I., Glick, D. H., Rubinstein, R. and Radman, W. P.: Endodontic surgery, In: Ingle J. I. and Bakland, L. K., editors, Endodontics, 4th ed., Williams and Wilkins, Baltimore (1994) pp.689-763.
3. Carr, G. B.: Surgical endodontics, In Cohen S. and Burns R. C. eds.: Pathways of the pulp, 6th ed., St. Louis, Mosby (1996) pp.531-567.
4. Farrar, J.: Radical and heroic treatment of alveolar abscess by amputation of roots of teeth, with description and application of the cantilevers crown, Dent. Cosmos, 26: 135-139, 1884.
5. Rhein, M.: Cure of acute and chronic alveolar abscess, Dent. Items Interest, 19: 688, 1897.
6. Everett, F. G., Waerhaug, J. and Widman, L.: Surgical treatment of pyorrhea alveolaris, J. Periodontal., 42: 571-579, 1971.
7. Nicholls, E. : Retrograde filling of the root canal, Oral Surg., 15: 463-473, 1962.
8. Harrison, J. and Todd, M. : The effect of root resection on the sealing property of root canal obturations, Oral surg., 50: 264-272, 1980.
9. Rud, J. and Andreasen, J. O.: A study of failure after endodontic surgery by radiographic, histologic, and stereomicroscopic methods, Int. Oral Surg., 1: 311-328, 1972.
10. Rud, J. and Andreasen, J. O.: Operative procedure in periapical surgery with contemporaneous root filling, Int. Oral Surg., 1: 297-310, 1972.
11. Grossman, L. I., Oliet, S. and Del Rio, C. : Endodontic practice, 11th ed., Lea & Febiger, Philadelphia(1988) pp.301-304.
12. Reit, C. and Hirsch, J.: Surgical endodontic retreatment, Inter. Endod. J., 19: 107-112, 1986.
13. Richman, M. J.: The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection, J. Dent. Med., 12: 12-18, 1957.
14. Bertrand, G., Festal, F. and Barailly, R.: Use of ultrasound in apicoectomy, Quintessence Int., 7: 9-12, 1996.
15. Flath, R. K. and Hicks, M. L.: Retrograde instrumentation and obturation with new devices, J. Endodont., 13: 546-549, 1987.
16. Carr, G. B.: Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery, Endodontic Report, 7: 6-9, 1992.
17. Fong, C. D.: A sonic instrument for retrograde preparation, J. Endodont., 19: 374-375, 1993.
18. 이재환과 김성교: 초음파기구의 치근단 역충전 와동 형성효율 및 치질에의 영향, 대한치과보존학회지, 22: 546-557, 1997.
19. 김성교, 이재환과 백승무: 초음파로 형성된 치근단 역충전와동의 정확도 및 와벽형태, 대한

- 치과보존학회지, 22: 536-545, 1997.
20. 임춘희와 김성교: 초음파 다이아몬드기구의 상아질 삭제효과, 치근단 역충전와동 형성효율 및 치질에의 영향, 대한치과보존학회지, 23: 54-67, 1998.
 21. 김성교, 임춘희와 권태경: 초음파 다이아몬드 기구로 형성된 치근단 역충전와동의 정확도 및 와벽의 형태, 대한치과보존학회지, 23: 515- 524, 1998.
 22. Pecora, G. and Andreana, S.: Use of dental operation microscope in endodontic surgery, Oral Surg., 75: 751-758, 1993.
 23. Ruddle, C. J.: Surgical endodontic retreatment, Calif. Dent. Assoc. L. 19: 61-67, 1997.
 24. Gutmann, J. L. and Harrison, J. W.: Surgical Endodontics, Boston, Blackwell Scientific Pub. (1991) pp,238.
 25. Cook, J. G.: The apical amalgam root filling for anterior teeth, J. Can. Dent. Assoc., 38: 297-299, 1972.
 26. Mehlhaff, D. S., Marshall, J. G. and Baumgartner, J. C.: Comparison of ultrasonic and high-speed root end preparations using matched teeth, J. Endodont., 21: 224 (Abstract No. Rs 37), 1995.
 27. Engel, T. K. and Steiman, H. R.: Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation, J. Endodont., 21: 443-446, 1995.
 28. Wuchenich, G., Meadows, D. and Torabinejad, M.: A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers, J. Endodont., 20: 297-282, 1994.
 29. 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.
 30. Zakariasen, K. L., Douglas, W. H., Stadem, P., and Forks, E. G.: Comparison of volumetric and linear measurement of root canal leakage, J. Dent. Res, 60: 627 (Abstr. No. 1273), 1981.
 31. Douglas, W. H., and Zakaliasen, K. S.: Volumetric assessment of apical leakage a utilizing a spectrophotometric dye recovery method, J. Dent. Res., 60(Special issue A): 438 (Abstr. No. 512), 1981.
 32. Marshall, F. J., Massler, M., and Dute, H. L.: Effect of endodontic treatment on permeability of root dentin, Oral Surg., 13: 208-23, 1960.
 33. Martin, H., Casaia, A. and Michanowicz, A.: Permeability of the apical third of the root to drugs used in endodontic therapy: an in vitro study, J. Oral Ther. Pharmacol., 4: 451-455, 1969.
 34. Anderson, D. J. and Ronning, G. A.: Dye diffusion in human dentin, Arch. Oral Biol., 7: 505-512, 1962.
 35. Ichescu, W. R., Ellison, R. L., Corcoran, J. F. and Klaus, D. C.: A spectrophotometric analysis of dentinal leakage in the resected root, J. Endodont., 17: 503-507, 1991.
 36. Gilheany, P., Figdor, D. and Tyas, M.: Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling, J. Endodont., 20: 22-26, 1994.
 37. Tidmarsh, B. G. and Arrowsmith, M. G.: Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study, Int. Endod. J., 22: 184-189, 1989.
 38. Pashley, D. H.: Smear layer: physiological considerations, Operative Dentistry, 9: 13-29, 1984.
 39. Pashley, D. H.: Smear layer: overview of structure and function, Proc. Finn. Dent. Soc., 88 (Suppl 1): 215-224, 1992.
 40. Mader, C. L., Baumgartner, J. C. and Peters, D. D.: Scanning electron microscopic investigation of the smear layer on root canal wall, J. Endodont., 10: 477-483, 1984.
 41. 이형일과 손호현: 초음파 기구에 의한 치근단 와동형성후 역충전의 밀폐성에 대한 연구, 대한치과보존학회지, 18: 197-204, 1993.
 42. Weller, R. N., Niemczyk, S. P. and Kim, S.: Incidence and position of the canal 근관협부: Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first

- molar, *J. Endodont.*, 21: 380-383, 1995.
43. Kulild, J. C. and Peters, D. D.: Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars, *J. Endodont.*, 16: 311-318, 1990.
 44. Mattison, G. D., Fraunhofer, J. A., Delivanis, P. D. and Anderson, A. N.: Microleakage of retrograde amalgams, *J. Endodont.*, 11: 340-345, 1985.
 45. Vertucci, F. J., and Beatty, R. G.: Apical leakage associated with retrofilling techniques: a dye study, *J. Endodont.*, 12: 331-336, 1986.
 46. Beatty, R.: The effect of reverse filling preparation design on apical leakage, *J. Dent. Res.*, 65: 259 (Abstract No. 805), 1986.
 47. Arens, D.: Surgical endodontics, In: Cohen, S. and Burns, R. C., eds. *Pathways of the pulp*, 5th ed. St. Louis, C. V. Mosby Co. (1991) pp.594-596.
 48. 한충경과 양홍서 : 역행충전시 수복재와 와동 형태에 따른 변연누출의 정량적 분석, *대한치과보존학회지*, 15(1): 97-105, 1990.
 49. Barry, G. N., Selbst, A. G., D'Anton, E. W., and Madden R.M.: Sealing quality of polycarboxylate cements when compared to amalgam as retrofilling material, *Oral Surg.*, 42: 109-116, 1976.
 50. Finne, K., Nord, P. G., Persson, G., and Lennartsson, B.: Retrograde root filling with amalgam and Cavit, *Oral surg.*, 43: 621-626, 1977.
 51. Friedman, S., Koren, L. and Trope, M. : Dye leakage in retrofilled dog teeth and its correlation with radiographic healing, *J. Endodont.*, 17: 392-395, 1991.
 52. Bondra, D. L., Hartwell, G. R., Macpherson, N. G. and Portell, F. R.: Leakage in vitro with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials, *J. Endodont.*, 15: 157-160, 1989.
 53. Smee, G., Bolanos, O. R., Morse, D. R., Furst, M. L. and Yesilsoy, C.: A comparative leakage study of P-30 resin bonded ceramic, Teflon, and IRM as retrofilling, *J. Endodont.*, 13: 117-121, 1987.
 54. Harrison, J. W. and Johnson, S. A.: Excisional wound healing following the use of IRM as a root-end filling material, *J. Endodont.*, 23: 19-27, 1997.
 55. Dorn, S. O. and Gartner, A. H.: Retrograde filling materials: A retrospective success -failure study of amalgam, EBA, and IRM, *J. Endodont.*, 16: 391-393, 1990.