

Ultrasonic Instrumentation 이 근관충전에 미치는 영향에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

허수범 · 홍찬의

Abstract

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF ULTRASONIC INSTRUMENTATION ON THE ROOT CANAL OBTURATION

Soo Beom Hur, Chan Ui Hong

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to evaluate the effect of apical seal produced by ultrasonic instrumentation. 120 extracted, permanent single rooted teeth were randomly divided into 6 groups of 20 teeth and root canals were enlarged & obturated according to Table I.

Table I. Experimental groups according to the canal preparation and the canal obturation method.

Group	No. of teeth	Canal preparation method	Obturation method
I	20	Step - back	lateral condensation
II	20	Step - back	warm latero-vertical condensation
III	20	Step - back	ULTRAFIL injection
IV	20	Ultrasound	lateral condensation
V	20	Ultrasound	warm latero-vertical condensation
VI	20	Ultrasound	ULTRAFIL injection

After canal obturation, the obturated teeth were immersed in 2.5% Methylene blue for 72 hrs. at 37°C incubator and longitudinally sectioned.

The apical sealing ability was evaluated by measuring the degree of dye penetration into the canal.

The results were as follows :

1. All groups showed varying depth of dye penetration.
2. There were no significant differences between Group I and IV, Group II and V, Group III and VI. (P>0.05)
3. Regardless of obturation method, there were no significant differences between hand instrumented group and ultrasonic instrumented group. (P>0.05)

I. 서 론

임상에서 근관치료를 시행하는 동안, 잔사를 제거하고 소독과 근관형성을 하는 목적은 근관내의 감염원을 제거하고 긴밀한 근관충전을 시행함으로써 치아의 본래기능으로 회복시켜주기 위함이다. 근관치료에서 근관형성과 근관폐쇄는 기본적인 요소가 되어왔으며, Ingle 등¹⁾에 의하면 부적절한 잔사제거 및 근관충전이 근관치료 실패원인 중 대부분을 차지했다는 점으로 보아, 성공적인 근관치료를 위해서 근관형성을 잘 하는 것과 철저히 근관을 폐쇄시키는 것이 더욱 강조되고 있고 효과적인 근관형성이 근관충전에 미치는 영향을 관찰하는 것도 의의가 있을 것으로 생각된다.

현재에 이르기까지 수많은 학자들에 의해 근관정화 및 성형을 효과적으로 수행하기 위한 여러가지 방안이 연구, 보고되어 왔으나, 근관내의 해부학적 구조는 매우 복잡하기 때문에 재래식 기계적 잔사제거와 세척으로는 이러한 목적을 완전히 성취하기는 어려운 것으로 보고되고 있다²⁻⁶⁾. Gutierrez와 Garcia⁶⁾ 역시 이런 복잡한 근관은 통상 시행하는 filing action 만으로는 완전한 근관형성을 얻을 수 없다고 하였고, Senia 등¹⁰⁾도 재래식인 기계적 형성방법과 NaOCl 용액을 함께 사용하더라도 근관내의 도말층과 잔사가 완전히 제거되지 못한다고 하였다. 그래서 이것을 효과적으로 해결하기 위한 새로운 방법과 재료를 필요로 하게 되었고 근관에 들어 근관의 정화와 성형을 위해, 세척액이 초음파에 의해 활성화되면서 기구조작이 행하여지도록 고안된 초음파기기가 소개되었는 바¹¹⁾, 이러한 초음파기구에 대해 조직학적, 세균학적 실험과 현미경관찰을 통해 임상적 효능을 수동식 방법과 비교해 왔다.

Cunningham 등^{12,13)}은 SEM과 LM을 이용한 실험에서 수동식보다 초음파의 도말층제거 효과가 더 우수하다고 하였으며, Martin 등¹⁴⁻¹⁶⁾은 초음파 file이 수동식 file보다 근관내의 상아질을 제거하는데 더 효과적이고, 특히 같이 사용되는 NaOCl 용액으로 인해 상승효과가 있다고 하였다. Cameron 등¹⁷⁻¹⁹⁾도 초음파가 도말층 제거에 더 효과적이라고 하여 Cunningham과 Martin의 주장을 뒷받침하였다. 또, Sjögren과 Sundquist는²⁰⁾ 수동식보다 초음파가 근관내의 세균을 훨씬 잘 제거시

켰다고 하였으며, Stamos 등²¹⁾ 역시 초음파의 우수성을 강조하는등 많은 학자들이 초음파의 우수성을 주장하였다. 그러나, Cymerman 등²²⁾은 SEM을 이용해서 초음파와 수동식을 각각 비교한 결과, 두 실험방법간에는 별 차이가 없음을 주장하였고, Tauber²³⁾, Pedicord 등²⁴⁾도 Cymerman과 동일한 결과를 보고하였다. 한편, Barnett²⁵⁾, Reynold 등²⁶⁾은 수동식 step-back 방법이 초음파 근관형성법보다 더 우수하다고하여 초음파가 우수하다는 학자들과는 상이한 의견을 나타냈다. 현재, SEM이나 LM등을 이용한 실험을 통해 도말층 제거면에서 초음파의 효과가 우수하다는 의견이 높은 것으로 나타나 있고 임상에서 초음파의 활용이 점점 더 증가되는 양상을 보이고 있다.

초음파기기가 근관치료영역에 소개된 이래, 초음파에 의한 근관형성이나 도말층 및 잔사제거에 대한 연구와 초음파기기가 근관충전에 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 시사해 주는 연구 보고는 많으나 초음파에 의한 도말층제거가 근관충전에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 없는 바^{27,28)}, 이에 저자는 도말층 및 잔사제거가 근관충전에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 발거된 치아에서 초음파와 수동식으로 근관내를 세정 및 성형하고 3가지 다른방법으로 근관충전한 후, 색소침투법으로 근관충전효과를 비교, 관찰하였는 바, 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

본 실험에서는 정상적 형태를 가진 발거된 영구단근치 120개를 실험대상으로 하였고, 6개의 실험군으로 나누어 각 군마다 20개의 치아를 무작위로 배치하여 실험을 시행하였다. 각 실험군의 근관형성 및 충전방법은 Table I과 같다.

초음파기구는 Suprasson P3(SATELEC TM Sanofi社)를 사용하였으며, power를 1(minimum)에 놓고 실험을 하였다. 한편, 근관충전시 sealer로는 AH-26(Caulk社)을 사용하였다.

나. 실험방법

최근에 치주, 교정문제로 발거된 치아를 실험때까지 10% buffered formalin 용액에 보관한 다음,

Table I. Experimental groups according to the canal preparation and the canal obturation method.

Group	No. of teeth	Canal preparation method	Obturation method
I	20	Step-back	lateral condensation
II	20	Step-back	warm latero-vertical condensation
III	20	Step-back	ULTRAFIL injection
IV	20	Ultrasound	lateral condensation
V	20	Ultrasound	warm latero-vertical condensation
VI	20	Ultrasound	ULTRAFIL injection

2.5% NaOCl 용액을 사용하여 치아표면에 붙어있는 잔존조직을 제거하고 근관형성 및 충전물을 쉽게 하기 위해 Carborundum disk 로 Cementoenamel junction 에서 치관을 제거하였다. 넓은 근관의 치수는 barbed broach 로 제거하고 No.15 K-flexofile 을 근단공까지 넣어, 육안으로 file 의 끝부분이 보이는 지점에서 1 mm 를 뺀 길이를 작업장으로 정하였다. K-flexofile 을 사용하여 수동식으로 근관을 형성한 I, II 및 III 군은 MAF 가 No.40 이 되도록 하였고 step-back 방법을 이용하여 근관을 형성하였으며, 근관세척은 매 근관형성 때마다 2.5% NaOCl 용액을 1CC 씩 사용하였다. 초음파기구인 Suprasson P3 를 사용한 실험군 IV, V 및 VI 군은 No.10 초음파 file 이 작업장까지 저항감없이 들어갈 때까지 No.15 K-flexofile 로 확대 후 수류공급하에서 제조회사의 지시대로 No.10 및 No.25 초음파 file 로 근관내를 3분간 처리하였으며, 수동식과 마찬가지로 매 단계마다 2.5% NaOCl 용액을 사용하여 세척하였다.

각 군 모두 Gate-Glidden bur(No.2,3)를 이용하여 치경부 부위를 넓게 형성하고, 최종적으로 No.15 K-flexofile 을 작업장보다 2 mm 길게 삽입하여 근단공을 완전히 개방시켰으며 생리식염수로 근관내를 세척한 후 완전히 건조시켰다.

I, IV 군에는 No.40 gutta percha cone(master cone)을 사용하여 치근단 부위에서 Tug-back 감각을 느끼게 한 다음, 통법에 의해 lateral condensation 법으로 근관충전을 하였다. II, V 군에는 sealer 를 근관벽에 도포한 후, master cone 을 적합시키고, 'ENDOTEC' condenser(electrically heated condenser)와 accessory cone 으로 warm laterovertical condensation 법으로 근관충전하였다. III, VI 군

에는 sealer 를 근관내에 도포한 후, 70°C로 연화된 gutta percha 가 들어있는 ULT-RAFIL needle 을 근관내로 삽입하고, injection syringe 로 서서히 압력을 가하면서 근관충전을 하였다.

근관충전 후, 각 군 모두 과잉의 gutta percha 를 제거하고 Z.O.E cement 로 와동을 폐쇄하였으며, 근단공 주위 1 mm 만 남기고 nail varnish 를 3 회 도포한 후, 37°C 생리식염수에 24 시간 보관한 다음, 2% methylene blue 용액에 넣어 27°C 배양기에 72 시간 보관시킨 후 흐르는 물에 세척하였다. Carborundum disk 를 이용, 실험치아를 협설방향으로 종단한 후, caliper(Mitutoyo社)를 이용하여 근관 내부로의 색소침투 길이를 측정하였다.

III. 실험성적

각 실험군의 평균 변연누출 및 유의성 검정은 Table II, Fig. I, Table III, IV와 같고, 유의성 검정은 Unpaired-Test 를 이용하였다. Table II는 각 실험군의 평균 누출길이와 누출범위를 나타내고 있는바, 실험군 모두 정도의 차이는 있으나 모두 색소침투를 보이고 있으며, Table III은 I 군과 IV 군, II 군과 V 군, 그리고 III 군과 VI 군을 각각 비

Table II. Leakage measurement for the various experimental groups

Group	No. of teeth	Mean (mm)	S. D.	Range (mm)
I	20	1.76	1.09	0.40 ~ 4.25
II	20	2.30	1.44	0.72 ~ 5.20
III	20	2.55	1.30	0.78 ~ 4.75
IV	20	1.92	1.00	0.65 ~ 3.95
V	20	2.24	1.38	0.35 ~ 5.15
VI	20	2.47	1.50	0.45 ~ 5.75

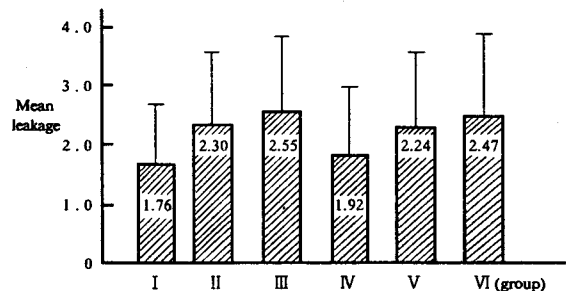


Fig. 1. Mean leakage for the experimental groups.

Table III. Unpaired t - Test between experimental groups.

Group	No. of teeth	Mean (mm)	Unpaired t value	P
I	20	1.76 ± 1.09	0.51	0.6
IV	20	1.92 ± 1.00		
II	20	2.30 ± 1.44	0.13	0.9
V	20	2.24 ± 1.38		
III	20	2.55 ± 1.30	0.19	0.9
VI	20	2.47 ± 1.50		

Table IV. Unpaired t - test between Hand instrumented groups and Ultrasonic instrumented groups.

Group	No. of teeth	Mean (mm)	Unpaired t Value	P
Hand	60	2.20 ± 1.30	-0.38	1.0
Ultrasonic	60	2.21 ± 1.31		

교한 유의성 검정을 나타내고 있는 바, 각 군간에 약간의 차이는 있으나 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났으며, (P>0.05) Table IV에서는 근관충전방법에 관계없이 수동식으로 근관형성한 군과 초음파로 근관형성한 군간의 평균 누출길이를 보여주고 있는 바, 역시 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. (P>0.05)

IV. 총괄 및 고안

근관형성시 근관벽에 부착되어 상아세관을 막고 있는 유기잔사 및 무기잔사 덩어리를 총칭하여 도말층이라 한다^{2,29,30}. 근관형성은 근관내의 잔사나 도말층등을 제거하여, 근관충전이 잘 이루어질 수 있도록 근관의 모양을 만들어 주는것이 그 목적인데³⁰, 수동으로 근관을 형성하는 여러가지 방법에 의해서는 치수잔사 및 도말층이 완전히 제거되지 않으며 어떤 경우에는 기구가 도달되지 않은 부분도 존재하였다고 보고된^{9,32-35}바도 있다. 도말층의 임상적 영향에 관해서는 아직도 많은 논란의 대상이 되고 있다. McComb 과 Smith 는³⁰이 근관내 도말층이 근관충전제가 근관벽에 밀착되는 것을 방해하기 때문에 근관폐쇄를 위해서는 제거하는 것이 바람직하다고 주장하였고, Goldberg 는³⁶ 도말층을 제거함으로써 근관충전제 또는 약제등이 쉽게 상아세관내로 침투하게 함으로써 성공적인

치료를 할 수 있게 한다고 하였으며, Cunningham 등¹³은 근관벽에 도말층이 잔존하면 이곳에 잔존 세균이 번식할 가능성이 많기 때문에 반드시 제거해야 한다고 주장한 반면, Michelich 등³⁷은 상아세관을 막고 있던 도말층을 제거하게 되면 세균이 쉽게 상아세관내로 침투하기 때문에 제거하지 말아야 한다고 주장하였다. 한편 현재까지 소개된 치수잔사 제거방법중 step-back 방법이 가장 효과적이라고 알려져 왔는데, 이 방법 역시 근관내의 잔사들을 효과적으로 제거시키지 못하는 것으로 보고되고 있다^{4,5,8,38-40}. Mizrahi 등³⁰은 주사전자현미경상에서 관찰한 결과, 모든 잔사를 제거시킬 수 있는 수동식 방법은 없다고 하였는데 사실상 근관내의 구조는 매우 복잡하기 때문에 기계적인 방법에 의한 완전한 잔사제거는 불가능하다고 생각된다.

한편, In Vitro 에서 초음파기구를 이용하여 효율적으로 상아질 및 잔사조직을 제거시키기 위한 연구가 있었다. 초음파 근관치료기구는 물리적으로 근관내의 피사된 잔사를 제거시키고 계속적으로 세척액을 흘려보냄으로써 한층 더 상승적인 효과로 근관정화를 하는 방법인데, Cavitron unit 에서 발생된 초음파 파장이 handpiece 를 통하여 file 에 전달되고 다른쪽에서 나온 세척액이 handpiece 를 통과하여 일정하게 흐르게 함으로써 효과적으로 잔사제거, 세척 및 성형을 할 수가 있는데, 20-25 KHz 의 sound 가 초음파 file 을 활성화 시킴으로써, 주위에 둘러싸인 medium 속에서 file 이 3차원적인 활성을 일으키게 하는데 근거를 두고 있다^{41,42}. 또한 초음파기구의 작용기전은 공동현상과 미세와류로 생각할 수 있는데, 효과적으로 근관내의 잔사를 제거시키고 세균을 파괴시키는데 있어 주기전은 공동현상과 관련되어 있다고 여겨져 왔다^{43,44}. 그러나 최근 Ahmad 등⁴⁵⁻⁴⁷은 이러한 공동현상은 우발적인 사고없이 효과적인 근관형성을 위한 power 범위내에서는 거의 발생되지않고 높은 power (3.5 이상)를 부여하였을 경우에 발생되기 때문에 주 작용기전이라 말할 수 없으며 따라서 초음파 file 에 진동을 주면 file 주위에 작은 와류를 형성하는 미세와류 현상을 효과적인 근관형성의 주 작용기전이라고 보고하였다. 즉, 진동된 file 에 의해 발생된 미세와류가 근관내의 잔사와 도말층뿐만 아니라 세균등을 효과적으로 제거시켜 정화작용을

한층 더 원활하게 한다는 것이다.

한편 세척액의 역할도 이 system의 효능을 증가시키는데 있어 중요하다고 볼 수 있는데, Cunningham과 Balekjian⁴⁶⁾은 초음파 활성화는 NaOCl 용액의 온도를 상승시켜 조직용해 능력뿐만 아니라 소독능력과 살균능력까지 증진시키며, 이런 상승 효과는 세척액을 file이 도달하기 어려운 부위까지도 도달시켜 세척을 가능하게 까지 한다고 보고하였다. 또, 지속적인 세척으로 인해 NaOCl의 교환이 이루어져서 근관내에 신선한 세척액이 남게 된다. NaOCl의 교환질용해작용은 온도의 증가, 접촉면적의 증가, 초음파등 여러요인에 의해 증진될 수 있는데⁴⁶⁾, 비록, 초음파에 대해서는 완전히 이해할 수 없지만 부분적으로 온도를 상승시킨다든가, 연조직을 절편화(fragmentation)시킨다고 생각된다. 이렇듯 초음파와 NaOCl을 복합적으로 사용한 효과에 대해 많은 논문에서^{42, 50, 51)}, NaOCl과 초음파간에는 상승효과관계가 존재하며 이러한 관계는 2% Chlorine이 포함된 용액을 사용할 때 임상적으로 중요한 의미를 갖게 된다고 하였다.

본 실험에서 초음파로 처리한 군에서는 No.10 초음파 file이 저항감없이 들어가게 하기 위해 No.15 수동식 file을 사용했을 뿐, 초음파로만 근관확대하였고 세척은 흐르는 물을 이용하여 시행하였으며, 때 file크기 중간 중간마다 2.5% NaOCl 용액을 사용하여 근관을 세척하였다. 초음파의 효과가 우수하다고하는 실험¹⁰⁾에서는 step-back으로 근관형성 후 초음파 file로 마무리 하였고, 흐르는 물이 아닌 NaOCl 용액을 지속적으로 흘려보내면서 세척을 한 반면, 비교가 되는 수동식에서는 3분정도 시간을 소요시켰는데 이것은 효과적으로 근관형성하기엔 불충분한 시간이었다. 연구한 학자마다 상반된 결과를 보이는 이유는 정확히 알 수 없으나 근관형성방법이나 선택한 실험재료등의 차이에 기인된 것으로 추측된다.

이상에서 보는 바와 같이 도말층 및 잔사자체나 임상에서의 의의등에 대해 이견이 많고 또, 이를 제거하기 위해 사용되는 초음파기구 사용후의 근관폐쇄성에 관한 견해도 거의 없으므로 저자는 도말층 제거에 효과적인 것으로 알려진 초음파와 step-back 방법으로 각각 근관형성한 후, 현재 임상에서 사용하고 있는 lateral condensation 법, 70℃에서 연화되는 ULTRAFIL injection 법, 및 ENDO-

TEC condenser를 이용한 warm latero-vertical condensation 법으로 근관충전을 하였는데, 각 군간에 약간의 차이는 있으나 근관충전후 유의한 변연누출 차이는 발견할 수 없었다. 본 실험에서 모든 실험군에 sealer를 사용하였는 바, Yee 등⁵⁰⁾은 근관충전시 sealer의 사용유무에 관계없이 근관충전효과는 유사하였다하여 sealer의 중요성을 강조하지 않았으나, 본 실험에서 각 군간에 도말층이나 무기잔사의 제거정도를 정확히 알 수 없지만 이들의 존재유무에 관계없이 sealer라는 매개체에 의해 변연누출의 정도가 감소하는 것이 아닌가 사료된다. 근관충전을 하기전에 도말층을 제거했을 경우 sealer가 상아세관내로 침투한 소견을 보인 반면, 도말층이 잔존한 경우에는 sealer가 상아관대로 침투한 것은 거의 보이지 않았다는 실험⁵⁰⁾도 있었지만, Evans 등^{54, 55)}도 본 실험과 비슷한 실험을 하여 거의 같은 결과를 얻었으며 sealer가 특히 근침부 근관밀폐에 아주 중요한 변수라고 결론지었다.

거의 대부분의 실험이 발거한 치아에서 행하여 지기 때문에, 여기서 나타난 결과가 생체내의 조건하에서는 다 받아들여지기는 어렵다. 발거한 치아에서는 상아질의 물리화학적 성질이 변화하여 치질이 약해지므로 모든 치아의 특성을 다 대변해 주기가 어려우므로 긴밀한 밀폐를 이루는 문제는 아직 숙제로 남아 있고, 아마도 머지않아 상아질에 화학적으로 결합하고 오랜시간이 경과하더라도 결합된 상태가 그대로 보조될 수 있는 근관충전물이 개발될 것으로 기대된다.

이상을 종합하여 볼때 본 실험결과에서는 수동식방법과 초음파방법에서 색소침투정도의 차이를 발견할 수 없어 근관형성방법 자체가 근관충전에 직접적으로 영향을 미치는지는 알 수 없으며, 단지, 초음파방법이 근관폐쇄성에 있어서는 수동식방법과 유사하였다는 사실만은 인정할 수 있었다. 앞으로 실험치아수를 늘려서 유의할만한 차이가 있는지를 계속 연구해 볼 필요가 있을 것으로 사료되며, 앞으로 더욱 효과적인 근관형성방법 및 근관충전방법이 개발되어야 하겠다.

V. 결 론

저자는 초음파기구에 의한 근관형성이 근관충전에 미치는 영향을 연구하고자 120개의 발거된 영

구단근치를 사용하여, 이중 60개 치아는 초음파 file 로, 나머지 60개 치아는 수동식 K-flexofile 로 근관형성하고, gutta-percha cone 을 이용한 lateral condensation 법, ULTRAFIL injection 충전법 및 ENDOTEC condenser 를 이용한 warm latero-vertical condensation 법으로 근관충전한 다음, 실험치아를 2% Methylene blue 용액에 72시간 보관시킨 후 치아를 종축으로 절단하여 근관내부로의 색소 침투 정도를 육안 및 확대경으로 관찰하고 caliper 로 그 길이를 측정하였는 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 정도의 차이는 있으나 모두 색소침투를 나타냈다.
2. 수동식으로 근관형성하고 lateral condensation 한 IV군, warm latero-vertical condensation 한 II군, ULTRAFIL injection 한 III군, 초음파기구로 근관형성하고 lateral condensation 한 IV군, warm latero-vertical condensation 한 V군, ULTRAFIL injection 한 __군, 중에서 I군과 IV군, II군과 V군, III군과 VI군을 각각 비교한 결과, 각 군간에 약간의 차이는 있으나 통계적 유의성은 없었다. ($P>0.05$)
3. 근관충전방법에 관계없이 수동식으로 근관형성한 군과 초음파기구로 근관형성한 군간에도 유의한 차이가 없었다. ($P>0.05$)

REFERENCE

1. Ingle, J.I.: Endodontics, 3rd ed. Philadelphia, Lea and Febiger. 26-53, 1985.
2. Goldman, L. B., et al.: Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodontic treatment. Oral Surg., 48: 79-83, 1979.
3. Skidmore, A.E., Bjorndal A.M.: Root canal morphology of the human mandibular first molar. Oral Surg., 32: 778-84, 1971.
4. Walton, R.E.: Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. JOE., 2: 304-11, 1976.
5. Klayman, S.M., Brilliant, J.D.: A comparison of the efficacy of serial preparation versus Giromatic preparation. JOE., 1: 334-37, 1975.
6. Littman, S.H.: Evaluation of root canal debridement by use of a radiopaque medium. JOE., 3: 135-38, 1977.
7. Svec, T.A., Harrison, J.W.: Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. JOE., 3: 49-53, 1977.
8. Schilder, H.: Cleaning and shaping the root canal. Dent. Clin. North Am., 18: 269-96, 1974.
9. Gutierrez, J.H., Garcia, J.: Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. Oral Surg., 25: 108-16, 1968.
10. Senia, E.S., Marshall, F.J.: The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. Oral Surg., 31: 96-103, 1971.
11. Richman, M.J.: The use of ultrasonics in root therapy and root resection. J.Dent.Med., 12: 12-18, 1957.
12. Cunningham, W., Martin, H.: Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg., 53: 401-4, 1982.
13. Cunningham, W., Martin, H.: A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the ultrasonic synergistic system. Oral Surg., 53: 527-31, 1982.
14. Martin, H., Cunningham, W., Norris, J.P.: Ultrasonic versus hand filing of dentin; A quantitative study. Oral Surg., 49: 79-81, 1980.
15. Martin, H., Cunningham, W.: A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. Oral Surg., 50: 566-68, 1980.
16. Martin, H., Cunningham, W.: An evaluation of postoperative pain incidence following endosonic and conventional root canal therapy. Oral Surg., 54: 74-6, 1982.
17. Cameron, J.A.: The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite; A Scanning electron microscopic evaluation. JOE., 13: 541-44, 1987.
18. Cameron, J.A.: The use of ultrasound in the cleaning of root canals; Clinical report. JOE., 8: 472-74, 1982.

19. Cameron, J.A. : The use of ultrasonics in the removal of the smear layer ; A scanning electron microscope study. *JOE.*, 9 : 289 - 92, 1983.
20. Sjögren, U., Sundqvist, G. : Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg.*, 63 : 366 - 70, 1987.
21. Stamos, D.E. : An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand sonic and ultrasonic instrumentation. *JOE.*, 13 : 434 - 40, 1987.
22. Cymerman, J.J. : A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *JOE.*, 9 : 327 - 331, 1983.
23. Tauber, R., Morse, D.R., et al. : A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *JOE.*, 9 : 269 - 74, 1983.
24. Pedicord, D., ElDeeb, M.E., Messer, H.H. : Hand versus ultrasonic instrumentation ; Its effect on canal shape and instrumentation time. *JOE.*, 12 : 375 - 81, 1986.
25. Barnett, F., et al. : Bacteriologic status of the root canal after sonic, ultrasonic and hand instrumentation. *Endodontics and Dental Traumatology*, 1 : 228 - 31, 1985.
26. Reynolds, M.A., Walton, R.E., Krell, K.V. : An In vitro histological comparison of the step - back sonic, and ultrasonic instrumentation techniques in small, curved root canals. *JOE.*, 13 : 307 - 14, 1987.
27. West, L.A., Keller, D.L. : Obtruation quality utilizing ultrasonic cleaning and sealer placement followed by lateral condensation with gutta - percha. *JOE.*, 15 : 507 - 11, 1989.
28. Baumgardner, K.R., et al. : Ultrasonic condensation of gutta - percha ; An In vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *JOE.*, 16 : 253 - 59, 1990.
29. Schilder, H. : Cleaning and shaping the root canal. *Dent. Clin. North Am.*, 18 : 269 - 96, 1974.
30. Davis, S.R., Brayton, S.M. : The morphology of the prepared root canal. *Oral Surg.*, 34 : 642 - 48, 1972.
31. Mizrahi, S.J., Tucker, J.W. : A scanning electron microscope study of the efficacy of various endodontic instruments. *JOE.*, 1 : 324 - 33, 1975.
32. Moodnik, R.M., Dorn, S.O., Feldman, M.J. : Efficacy of biomechanical instrumentation scanning electron microscopic study. *JOE.*, 2 : 261 - 66, 1976.
33. McComb, D., Smith, D. : A preliminary scanning microscopic study of root canals after endodontic procedures. *JOE.*, 1 : 238 - 42, 1975.
34. Goldman, L.B., Goldman, M. : The efficacy of several irrigating solutions for endodontics ; A scanning electron microscope study. *Oral Surg.*, 52 : 197 - 204, 1981.
35. White, R.R., Goldman, M. : The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *JOE.*, 10 : 558 - 62, 1984.
36. Goldberg, F., Abramovich, A. : Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *JOE.*, 3 : 101 - 5, 1977.
37. Michelich, V., Schuster, G.S., Pashley, D.H. : Bacterial penetration of human dentin, in vitro. *J. Dent. Res.*, 59 : 1398, 1980.
38. Coffae, K.P., Brilliant, J.D. : The effect of serial preparation versus nonserial preparation on the tissue removal in the root canals of extracted mandibular molars. *JOE.*, 1 : 211 - 14, 1975.
39. Bolanos, O.R., Jensen, J.R. : Scanning electron microscope comparisons of the efficacy of various methods of root canal preparation. *JOE.*, 6 : 815 - 22, 1980.
40. Weine, F.S., Kelly, R.F., Lio, P.J. : The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *JOE.*, 1 : 255, 1975.
41. Baker, M.C., Ashrafi, S.H. : Ultrasonic compared with hand instrumentation ; A scanning electron microscope study. *JOE.*, 14 : 435 - 440, 1988.
42. Martin, H., Cunningham, W. : Endosonic endodontics ; The ultrasonic synergistic system. *IDJ.*, 34 : 198 - 203, 1984.

43. Martin, H. : Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg.*, 42 : 92 - 99, 1976.
44. Martin, H., Cunningham, W. : Endosonics - The ultrasonic synergistic system of endodontics. *Endo Dent Traumatol.*, 1 : 201 - 6, 1985.
45. Ahmad, M., Pitt Ford, T.R., et al. : Ultrasonic debridement of root canals ; Acoustic streaming and its possible role.
46. Ahmad, M., Pitt Ford, T.R., Crum, L.A. : Ultrasonic debridement of root canals ; An insight into the mechanical involved. *JOE.*, 13 : 93 - 101, 1987.
47. Ahmad, M., Pitt Ford, T.R., Crumm, L.A. : Ultrasonic debridement of root canals ; Acoustic cavitation and its relevance. *JOE.*, 14 : 486 - 493, 1988.
48. Cunningham, W., Balekjian, A. : Effect of temperature on collagendissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg.*, 49 : 175 - 77, 1980.
49. Griffiths, B.M., Stock, C.J.R. : The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with an ultrasonic preparation technique . *IEJ.*, 19 : 277 - 84, 1986.
50. Thacker, J. : An approach to the mechanism of killing cells in suspension by ultrasound. *Biochem. Biophys. Acta.*, 304 : 240 - 47, 1973.
51. Nyborg, W. : Mechanisms for non - thermal effects of ultrasound. *J. Acoust. Soc. Am.*, 44 : 1302 - 08, 1968.
52. Yee, F.S., Marlin, J. : Three dimensional obturation of the root canal using injection - molded, thermoplasticized dental gutta - percha. *JOE.*, 3 : 168 - 74, 1977.
53. Goldman, M., White, R.R. : The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. *JOE.*, 13 : 369 - 74, 1987.
54. Evans, J.T., Simon, J.H.S. : Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized guttaa - percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *JOE.*, 12 : 101 - 07, 1986.
55. Skinner, R.L., Himel, V.T. : The sealing ability of injection - molded thermoplasticized gutta - percha with and without the use of sealers. *JOE.*, 13 : 315 - 17, 1987.

논문사진부도

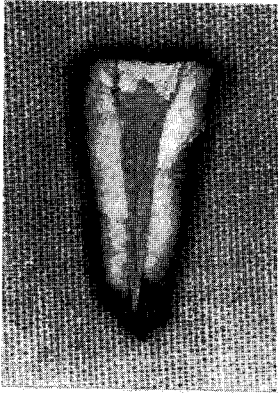


Fig. II -1.

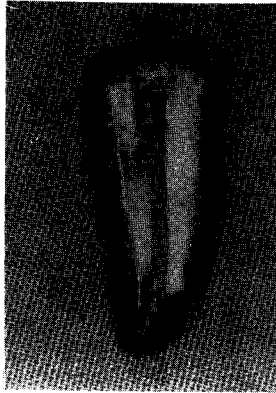


Fig. II -2.

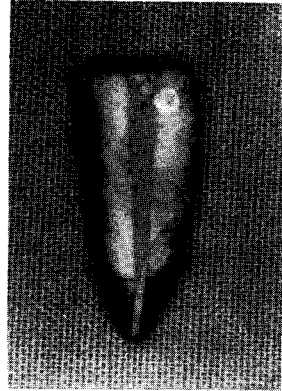


Fig. II -3.

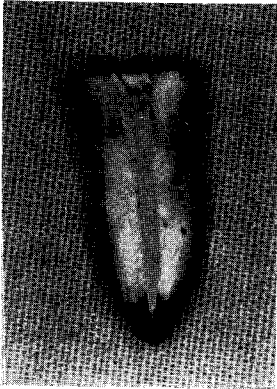


Fig. II -4.

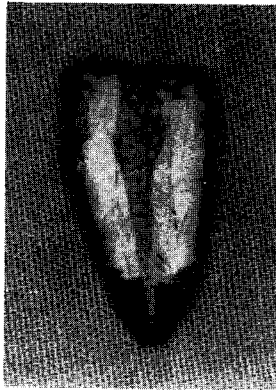


Fig. II -5.

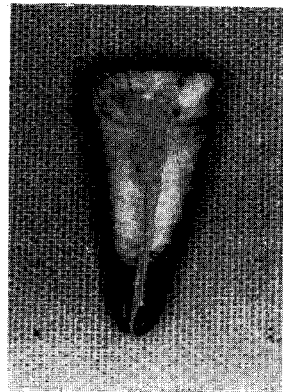


Fig. II -6.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. II -1. : Hand instrumentation and lateral condensation.
- Fig. II -2. : Hand instrumentation and warm latero-vertical condensation.
- Fig. II -3. : Hand instrumentation and ULTRAFIL injection.
- Fig. II -4. : Ultrasonic instrumentation and lateral condensation.
- Fig. II -5. : Ultrasonic instrumentation and warm latero-vertical condensation.
- Fig. II -6. : Ultrasonic instrumentation and ULTRAFIL injection.