

근관형성 기구 및 방법에 따른 근관 형태의 변화

경북대학교 치과대학 치과보존학교실

허영주 · 김성교

Abstract

CHANGES IN ROOT CANAL CONFIGURATION USING DIFFERENT FILE TYPES AND TECHNIQUES

Young-Ju Huh and Sung Kyo Kim

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

The purposes of this study were to evaluate the changes in root canal configuration with canal instrumentation using different file types and techniques and to investigate most appropriate instrumentation technique in maintaining the original canal configuration with different file types.

Fifty curved mesiobuccal or distobuccal canals of extracted human maxillary molar teeth were instrumented using a step-back technique with stainless steel K-files or nickel-titanium K-files, a crown-down pressureless technique with stainless steel K-files or nickel-titanium K-files and nickel-titanium engine-driven files. Radiographs were taken before and after instrumentation using a specially designed device that allowed for the pre- and postinstrumentation canals to be taken with the same X-ray angulation. Magnified X-ray images on a magnifier screen were traced and postinstrumentation canal images were compared with the preinstrumentation ones. Changes in canal curvature and the incidence of procedural accidents were analyzed.

The results were as follows :

Crown-down pressureless technique with nickel-titanium K-files and nickel-titanium engine-driven filing produced no significant changes in canal curvature ($p > 0.05$), while the step-back technique with stainless steel K-files or nickel-titanium K-files ($p < 0.01$) and the crown-down pressureless technique with stainless steel K-files ($p < 0.05$) produced

significant changes.

With nickel-titanium K-file, crown-down pressureless technique produced significantly less changes in canal curvature than step-back technique ($p < 0.05$), while there was no significant difference between techniques with stainless steel K-files ($p > 0.05$).

File types exerted no significant influences in the changes of canal curvature both in the step-back technique and crown-down pressureless technique ($0 > 0.05$).

Regardless of the file types used, step-back technique produced more procedural accidents such as ledge or elbow formation, apical zipping and apical transportation than the crown-down pressureless technique and nickel-titanium engine-driven filing.

Both with stainless steel K-files and with nickel-titanium K-files, the incidence of apical extrusion of canal debris was higher in step-back technique than in crown-down pressureless technique.

I. 서 론

근관의 세정, 삼차원적 형성 및 충전은 성공적인 근관치료의 필수요소이다¹⁾. 이 중 근관형성은 치수잔사, 미생물 분해산물 및 근관내 피사된 상아질을 제거할 뿐만 아니라 근관충전을 용이하게 하여 세균의 침투를 방지하므로 근관치료에 있어서 가장 중요한 과정이라고 할 수 있다²⁾. 이상적으로 형성된 근관의 형태는 근관 입구부터 근침으로 갈수록 점차적으로 가늘어지는 깔대기 모양이며³⁾ 이러한 형태의 근관형성을 위해서는 근관 본래의 길이, 위치 및 만곡도 등을 유지하는 것이 중요하다. 그러나, 만곡된 근관에서 근관형성기구의 사용시 근침부위의 만곡부 외측의 상아질 삭제량이 내측보다 많음으로 인하여 근침 1/3부위에 ledge, zip 또는 치근단 천공 등의 발생 가능성이 커져 근관본래의 만곡도를 유지할 수 없게 되고 이는 완전한 치근단 폐쇄를 어렵게 한다.

좁고 만곡된 근관에서 이러한 문제들을 감소시키기 위해 근관형성방법에 대한 다양한 연구가 이루어져 왔다⁴⁻⁹⁾. Weine 등⁴⁾과 Allison 등⁵⁾은 만곡된 근관형성시 step-back법이 zip이나 ledge 형성을 방지할 수 있고, gutta-percha의 충전이 용이하여 널리 추천된다고 보고하였다. 그러나 만곡된 근관의 flaring과정 중 근관벽의 상아질 폭경이 얇은 위험부위가 부

분적으로 과도하게 삭제됨으로 인하여 strip perforation의 발생 가능성이 높으므로 Abou-Rass 등⁶⁾은 치근의 위험부위의 삭제를 제한하는 anti-curvature filing법을 추천하였다. Goerig 등⁷⁾은 근침부위의 근관을 형성하기 전에 근관의 입구를 먼저 넓히는 step-down법을 소개하였고, Morgan과 Montgomery⁸⁾는 만곡시키지 않은 화일을 사용하여 큰 화일에서 작은 화일의 순서로 reaming 동작을 시행하는 crown-down pressureless법이 만곡된 근관형성에 효과적이며 모든 치아에서 안전하게 사용될 수 있고, 근관잔사의 정출을 적게 할 뿐만 아니라 통상적인 근관형성법보다 술자의 피로도를 줄일 수 있다고 보고하였다. 또한 Roane 등⁹⁾은 근관의 변위를 방지하기 위한 하나의 방법으로 balanced-force법을 소개한 바 있다. 그러나 이러한 방법 모두 다소의 차이는 있으나 근관형성 기구 및 방법이 가지는 한계로 인해 이상적인 근관형성에 어려움이 많은 것으로 알려져 있다.

만곡된 근관내에서 근관화일은 직선화되려는 성질을 가지는데¹⁰⁾, 이를 기구의 "회복력 (elastic memory)"이라고 한다. 이 회복력은 근관형성 과정 동안, 특히 근침부위에서, 근관의 변위를 초래하는데, 이는 기구의 단면적과 모양 뿐만 아니라 재료의 강성과 연관되어 있으므로¹⁰⁾, 이러한 요소들을 변화시켜 기구의 비생산적인 힘을 감소시킨다면 ledge나 근침부 치근

천공을 줄이는 데 도움이 될 것이다^{3,11)}. 따라서 만족된 근관에 효과적으로 사용될 수 있는 새로운 근관화일이 개발되어 왔는데 이는 크게 세가지 측면으로 이루어졌다²⁾. 첫째, 화일의 모양을 변화시킴으로써 유연성(flexibility)을 증가시키는 것으로서 K-Flex 화일 및 Flex-O 화일 등을 들 수 있다. 둘째, 기구 끝부분의 삭제능이 없도록 제작하여 zip 형성을 최소화하는 것으로서 Flex-R 화일, Canal Master 화일 그리고 Safety Hedstrom 화일 등이 있다. 셋째는 화일의 소재를 달리하여 유연성을 증가시키는 것으로 탄소강이나 스테인리스강 대신 nickel-titanium을 사용하는 것이다. Nickel-titanium을 소재로 한 화일에 대해서는 Walia 등¹²⁾이 Nitinol로 근관화일을 제작하여 그 물리적 성질을 stainless steel 화일과 비교한 결과를 보고한 이래 그 효과에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. Nickel-titanium 화일은 bending moment가 낮아 유연성이 매우 높으므로 만족된 근관에서 cutting blade에 가해지는 하중이 크게 감소하여 기구에 대한 응력 및 파절의 위험성이 적을 뿐만 아니라 ledge, zip 및 치근단 천공의 발생을 줄일 수 있다고 보고된 바 있다¹³⁾. 그러나 Weine⁹⁾은 유연성이 우수한 화일은 좁은 근관에서 근침까지 접근할 수 있는 침투의 능력이 부족하고, 전동 핸드피스에 장착하지 않은 수동화일로 사용할 때 삭제능이 떨어진다고 하여 유연성이 뛰어난 화일이 가지는 한계를 지적하기도 하였다.

한편, 근관형성시 근관의 만족도를 유지하면서 술자의 피로도를 감소시키려는 목적으로 수종의 nickel-titanium 전동 화일이 소개되었다. 종전의 stainless steel 전동 화일의 경우에는 낮은 유연성으로 인해 화일이 근관의 만족부위를 따라갈 수 없을 뿐만 아니라, 곧은 근관에서도 그 효과가 수동식에 비해 우수하지는 않은 것으로 나타나⁴⁾, 별다른 장점을 가지지 못했다. 그러나 최근에 개발된 nickel-titanium 전동 화일의 경우는 높은 유연성을 가지므로 만족된 근관에서 사용할 때 형성과정 중의 오류(procedural accident)를 최소화할 수 있을 것이라고 소개되고 있으나 그 효과에 대한 연

구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 만족된 근관의 형성시 유연성이 상이한 스테인리스강 및 nickel-titanium 소재의 화일을 사용함에 있어서 근관형태의 유지에 가장 효과적인 근관형성 방법을 알아보기 위해, 사용되는 기구의 소재, filing 동작으로 이루어지는 step-back법과 reaming 동작으로 이루어지는 crown-down pressureless법 및 전동용 화일법의 근관형성 방법에 따른 근관형태의 변화를 관찰하여 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

발거한 즉시 생리식염수에 보관한 상악 대구치 중 치근우식이 없고 내, 외흡수가 없으며 근침부가 완성되어 있고 근관이 정상 상태를 유지하고 있는 치아를 선택하여 5.25% 차아염소산나트륨 용액에 5시간 동안 담구어 치근면의 유기물을 제거한 후 초음파 기구로 치석을 제거하고 생리식염수에 보관하였다. 준비된 치아 중 10번 화일이 근침을 통과하고 Fig. 1과 같이 Schneider법¹⁵⁾으로 측정된 근관만곡도가 15도 이상인 근심협측 혹은 원심협측근관을 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 시편제작

50개의 실험대상 치아에서 치근이 방사선 사진상에서 중첩되는 것을 방지하기 위해 구 개측 치근을 이개부로부터 1mm되는 부위에서 제거한 다음, 도달공을 형성하였으며 근관길이 측정시의 오차를 줄이기 위해 교합면을 편평하게 삭제하였다. 치관부의 협면이 상부에 오면서 치아가 방사선 필름에 편평하게 놓일 수 있도록 acrylic resin mount를 제작하여 술전 및 술후 방사선 사진의 재현성을 부여하였다.

2) 실험군의 분류 및 근관형성

50개의 시편을 무작위로 10개씩 분류하여 Table 1과 같이 5군으로 나누어 근관을 형성하였다. Stainless steel K-화일(MANI®,

Table 1. Experimental groups according to file and canal instrumentation method.

Group	File	Canal Instrumentation method
SS/SB	precurved SS K-file	Step-back technique
SS/CD	straight SS K-file	Crown-down pressureless technique
NT/SB	Ni-Ti hand K-file	Step-back technique
NT/CD	Ni-Ti hand K-file	Crown-down pressureless technique
NT/EN	Ni-Ti engine file	Engine driven instrumentation

Matsutani Seisakusho Co., Takanezawa, Japan)을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 군 및 crown-down pressureless법으로 형성한 군, nickel-titanium K-화일 (Naviflex NT™, Brassler, Savannah, U. S. A.)을 사용하여 step-back법으로 형성한 군 및 crown-down pressureless법으로 형성한 군, 그리고 nickel-titanium 전동 화일 (Quantec series 2000™, NT Co., Chattanooga, U. S. A.)을 전기구동하는 방법으로 근관형성한 군 등이다 (Table 1).

(1) Stainless steel K-화일을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 군 (SS/SB군)

본 연구에서 이용한 step-back법은 Alodeh 등¹⁶⁾에 의해 보고된 것과 유사한 방법으로 rotation 혹은 reaming 동작을 배제한 단순 in/out filing 동작만을 사용하였다. 근침부를 형성하기 전에 근관입구를 확대하면 화일이 근관의 치경부에서 binding되는 것이 방지되고 근관형성 시 기구에 대한 상아질의 interference를 제거할 수 있다고 보고한 Leeb¹⁷⁾의 연구결과에 따라, 근관형성 전에 1번에서 3번까지의 Gates-Glidden drill을 사용하여 근관입구를 확대하였다. 10번 화일을 근관의 근단공에서 화일의 침부가 보일 때까지 삽입하고 근단공으로부터 0.5 mm를 뺀 길이를 작업장으로 결정하였다. 치근의 만

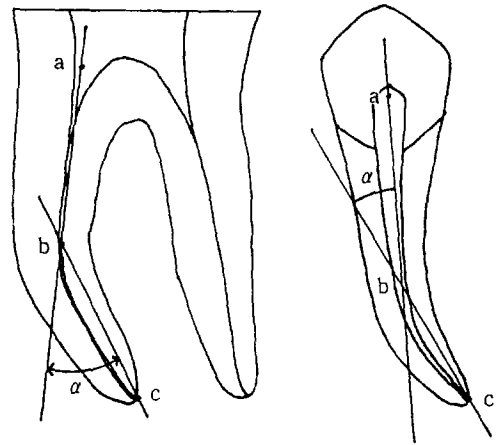


Fig. 1. Determination of root canal curvature by Schneider's method. Point a to b, long axis of root canal to point of canal deviation from long axis. Point c, apical foramen. Angle α is measured at the intersection of line a-b and b-c.

곡방향을 알아보기 위해 삽입한 10번 화일이 근관내에서 느슨하게 느껴질 때까지 화일을 근관에서 제거하지 않고 계속 근관을 확대한 다음 조심스럽게 치아에서 제거하였다. 제거된 10번 화일이 나타내는 근관만곡도와 유사하도록 화일을 미리 만곡시켜 25번 화일까지 근침을 확대한 다음, 45번 화일까지 step-back 형성을 시행하였다.

(2) Stainless steel K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 군 (SS/CD군)

본 연구에서는 crown-down pressureless법을 Morgan과 Montgomery⁸⁾가 사용한 방법을 약간 변형하여 사용하였다. 1번에서 3번까지의 Gates-Glidden drill로 근관의 경부를 확대한 다음, 근관장을 측정하고, 미리 만곡시키지 않은 35번 화일을 근관내에 삽입하여 근관벽과 binding되는 것이 느껴지면 근침방향으로 힘을 가하지 않으면서 시계방향으로 720°회전시키는 reaming 동작을 시행하였다. 이러한 방법으로 더 작은 크기의 화일을 순서대로 사용하여 화일이 작업장에 도달할 때까지 근관을 형성한 후 시작하는 화일의 크기를 40, 45, 50번 등의

순서로 증가시켜 25번 화일이 작업장에 도달할 때까지 형성하였다.

(3) Nickel-titanium K-화일을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 군 (NT/SB군)

수동 nickel-titanium K-화일을 사용하여 SS/SB군과 동일한 방법으로 근관을 형성하였다.

(4) Nickel-titanium K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 군 (NT/CD군)

수동 nickel-titanium K-화일을 사용하는 것 이외에는 SS/CD군과 동일한 방법을 사용하였다.

(5) Nickel-titanium 전동 화일을 사용하여 근관형성한 군 (NT/EN군)

Nickel-titanium 전동 화일 (Quantec series 2000™, NT Co., Savannah, U.S.A.)을 300 rpm의 저속 핸드피스 (NOUVAG® AG hand-piece, NOUVAG AG, Swiss)에 장착하여 사용하였다. 근관형성은 전동 화일 제조회사의 지시를 따라 시행하였으며 1번 화일 (0.25 mm tip, 0.06 taper, 17 mm)을 orifice opener로 가장 먼저 사용한 다음 2번 화일 (0.15 mm tip, 0.02 taper), 3번 화일 (0.20 mm tip, 0.02 taper), 4번 화일 (0.25 mm tip, 0.02 taper), 5번 화일 (0.25 mm tip, 0.03 taper)을 순서대로 작업장에 도달하도록 pumping 동작으로 사용하여 근관의 근침부위를 형성하였다. 6번 화일 (0.25 mm tip, 0.04 taper), 7번 화일 (0.25 mm, 0.05 taper), 8번 화일 (0.25 mm tip, 0.06 taper)을 약간의 압력이 느껴지는 부위까지 순서대로 사용하여 crown-down flaring을 완성하고 9번 화일 (0.40 mm tip, 0.02 taper)을 작업장의 1mm 이내로 제한하여 사용한 다음, 10번 화일 (0.45 mm tip, 0.02 taper)로 circumferential filing하여 근관형성을 완성하였다.

각 군 공히 근관을 형성하는 동안 근관잔사의 근단공 정출 여부를 관찰하였으며, 화일 사용시 매번 3% 과산화수소수와 5.25% 차아염소산 나트륨 용액을 교대로 2 cc씩 사용하여 근관을 세척하였고, 근관형성이 완료된 후 각 시편의

근관을 paper point로 건조시켰다. 방사선 불투과성을 가진 호제 (Vitapex®, Neo Dental Products Co., LTD., Tokyo, Japan)를 형성된 근관내에 주입하여 근관형태의 변화 관찰을 위한 방사선사진 상에서 형성된 근관 형태의 구분이 용이하게 하였다.

3. 방사선사진 촬영

근관형성 전후의 근관만곡도를 측정하기 위해 방사선 사진을 촬영하였으며 동일한 각도로 방사선이 조사될 수 있도록 하기 위하여 X선 관구를 고정시킬 수 있는 장치를 제작하여 사용하였다. Plaster를 사용하여 X선 관구의 인상을 채득한 후 필름을 일정한 부위에 위치시킬 수 있도록 필름과 동일한 크기의 plastic platform을 인상 위에 고정시켰다. 양면테이프를 사용하여 방사선 필름을 시편에 부착시키고 plastic platform에 위치시킨 후 X선 관구를 plaster에 채득된 홈에 고정하고 60 kVp, 100 mA, 0.6초 동안 노출시켜 방사선 사진을 촬영하였다. 술 전 방사선 사진은 10번 화일을 넣은 상태에서 촬영하였고, 술 후 방사선 사진은 근관내에 방사선 불투과성 호제를 넣은 상태에서 동일한 방법 및 조건 하에서 촬영하였으며 AGFA G138 및 G334 용액 (Agfa-Gevaert N. V., Belgium)을 사용하여 방사선 필름을 처리하였다.

4. 근관만곡도 측정 및 근관형태 변화의 분석

근관형성 전과 형성 후의 방사선 사진을 치과용 투사기 (Dental Projector®, Hanshin Technical Laboratory, LTD., Japan)에 투사시켜 치근과 근관의 외형을 투사지에 투사하였다. Schneider법¹⁵⁾을 사용하여 각 근관의 만곡도를 측정하였고 근관형성 후의 근관에서 나타난 ledge, elbow, apical zip 그리고 치근단공의 전이 등 형성과정 중의 오류의 발생을 관찰하였다.

One-way ANOVA를 사용하여 각 군간의 만곡도 변화량을 비교하였고, paired t-test를 이용하여 각 군 내에서 근관형성 전후의 만곡도 변화, 근관형성 방법 및 기구에 따른 만곡도

변화의 통계적 유의성을 검정하였다. 또한 회귀분석을 시행하여 근관 본래의 만곡도와 근관형성 후의 만곡도 변화량 간의 상관관계를 검정하였다.

III. 실험성적

1. 근관만곡도 변화

각 군의 근관형성 전후의 만곡도 변화는 Table 2와 같이 나타났다. Stainless steel K-화일을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 SS/SB군에서는 근관형성 전의 근관만곡도가 $22.40^{\circ} \pm 5.02^{\circ}$ (평균 \pm 표준편차), 근관형성 후에는 $18.5^{\circ} \pm 5.41^{\circ}$ 로 나타나 $-4.35^{\circ} \pm 3.07^{\circ}$ 의 근관만곡도 변화를 나타내었고 ($p < 0.01$), stainless steel K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 SS/CD군에서는 근관형성 전의 근관만곡도가 $18.65^{\circ} \pm 4.07^{\circ}$, 근관형성 후에는 $16.70^{\circ} \pm 3.23^{\circ}$ 로 나타나 $-1.95^{\circ} \pm 2.65^{\circ}$ 의 근관만곡도 변화를 나타내었으며 ($p < 0.05$), nickel-titanium K-화일을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 NT/SB군에서는 근관형성 전의 근관만곡도가 $24.95^{\circ} \pm 4.16^{\circ}$, 근관형성 후에는 $20.75^{\circ} \pm 3.23^{\circ}$ 로 나타나 $-4.02^{\circ} \pm 4.12^{\circ}$ 의 만곡도 변화를 나타내어 ($p < 0.01$), 이 세 군 모두 근관형성 후 근관만곡도가 유의성 있게 감소한 것으로 나타났다. Nickel-titanium K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 NT/CD군에서는 근관형성 전의 근관만곡도가 $20.20^{\circ} \pm 2.41^{\circ}$, 근관형성 후에는 $20.25^{\circ} \pm 2.35^{\circ}$ 로 나타나 $+0.$

$05^{\circ} \pm 1.55^{\circ}$ 의 만곡도 변화를 나타내었고 ($p > 0.05$), nickel-titanium 전동 화일을 사용하여 전기구동한 NT/EN군에서는 근관형성 전의 근관만곡도가 $20.70^{\circ} \pm 4.19^{\circ}$, 근관형성 후에는 $21.10^{\circ} \pm 4.74^{\circ}$ 로 나타나 $+0.40^{\circ} \pm 1.35^{\circ}$ 의 만곡도 변화를 나타내어 ($p > 0.05$) 이 두 군에서는 근관만곡도에 유의한 변화를 나타내지 않았다 (Fig. 2).

근관형성 방법에 따른 근관만곡도 변화를 비교하기 위해 SS/SB군과 SS/CD군, NT/SB군과 NT/CD군을 각각 비교했을 때 stainless steel K-화일을 사용한 경우에는 step-back군과 crown-down pressureless군 사이에 근관만곡도 변화에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 ($p > 0.05$), nickel-titanium K-화일을 사용한 경우에는 crown-down pressureless군이 step-back군에 비해 근관만곡도 변화가 유의하게 적은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$) (Fig. 3).

근관형성 기구에 따른 근관만곡도 변화를 비교하기 위해 SS/SB군과 NT/SB군, SS/CD군과 NT/CD군을 각각 비교하였는데, step-back법 및 crown-down pressureless법 공히 형성기구에 따른 만곡도 변화에는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 4).

근관 본래의 만곡도가 근관형성 후의 만곡도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 회귀분석을 시행한 결과 SS/SB군, SS/CD군, NT/CD군 그리고 NT/EN군은 유의성이 없는 것으로 나타났으나, nickel-titanium K-화일로 step-back법을 시행한 NT/SB군에서는 근관 본래의 만곡도가 클수록 근관형성 후의 만곡도

Table 2. Pre - versus post-instrumentation canal curvature, in degrees (Mean \pm S.D.)

Group	n	Preinstrumentation	Postinstrumentation	Change
SS/SB	10	$22.40^{\circ} \pm 5.02^{\circ}$	$18.05^{\circ} \pm 5.41^{\circ}$	$-4.35^{\circ} \pm 3.07^{**}$
SS/CD	10	$18.65^{\circ} \pm 4.07^{\circ}$	$16.70^{\circ} \pm 3.23^{\circ}$	$-1.95^{\circ} \pm 2.65^{***}$
NT/SB	10	$24.95^{\circ} \pm 4.16^{\circ}$	$20.75^{\circ} \pm 3.23^{\circ}$	$-4.20^{\circ} \pm 4.12^{**}$
NT/CD	10	$20.20^{\circ} \pm 2.41^{\circ}$	$20.25^{\circ} \pm 2.35^{\circ}$	$+0.05^{\circ} \pm 1.55^{\circ}$
NT/EN	10	$20.70^{\circ} \pm 4.19^{\circ}$	$21.10^{\circ} \pm 4.74^{\circ}$	$+0.40^{\circ} \pm 1.35^{\circ}$

* Statistically significant ($p < 0.01$).

** Statistically significant ($p < 0.05$).

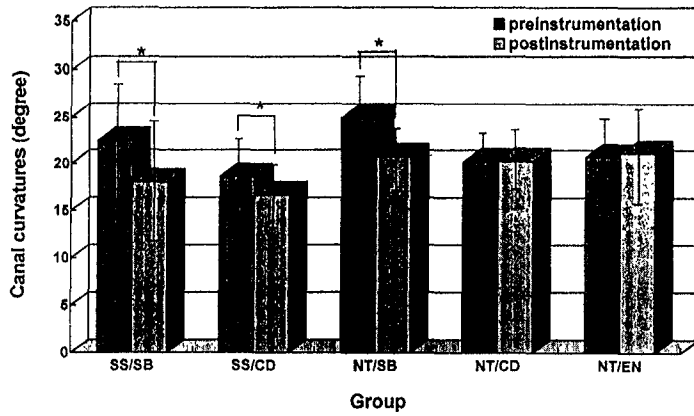


Fig. 2. Changes in degree of canal curvature. The* indicate statistical differences between pre - and post - instrumentation ($p < 0.05$).

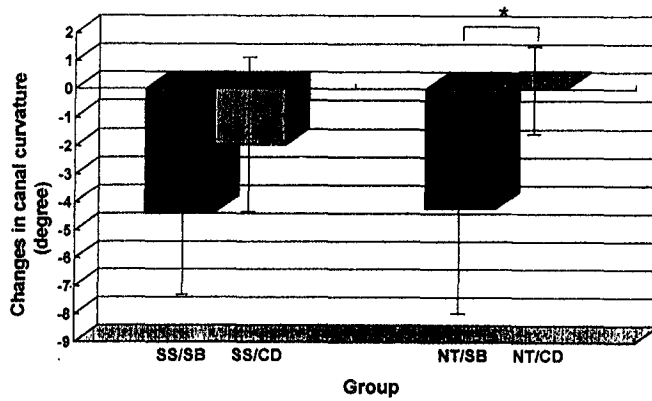


Fig. 3. Changes in degree of canal curvature after instrumentation according to their techniques. There is a statistical difference between NT/SB and NT/CD ($P < 0.05$).

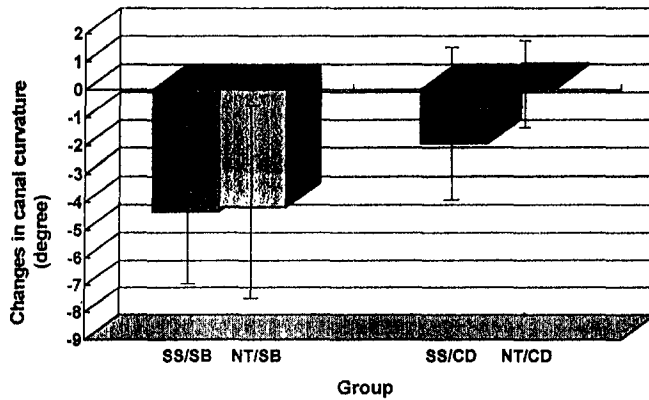


Fig. 4. Changes in degree of canal curvature after instrumentation according to their instruments.

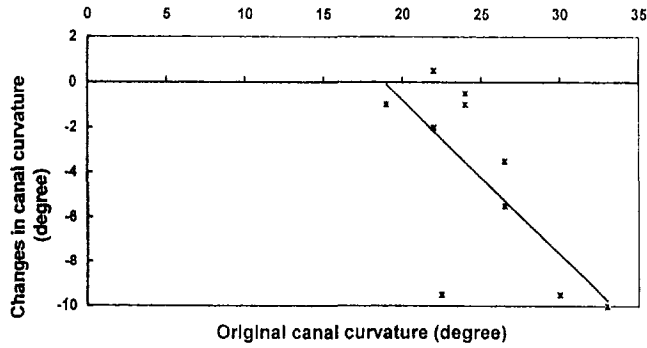


Fig. 5. Interrelationship between degree of original canal curvature and changes in degree of canal curvature after instrumentation in NT/SB group ($r = -0.69$, $p < 0.05$).

변화량이 큰 것으로 나타났다($r = -0.69$, $p < 0.05$)(Fig. 5).

2. 근관형성 과정 중의 오류의 발생

근관형성 후 관찰된 근관형성 과정 중의 오류는 Table 3과 같이 나타났다. Ledge 형성은 SS/SB, SS/CD, NT/SB 그리고 NT/EN군에서 각각 1개의 시편에서 관찰되었으나, NT/CD군에서는 전혀 관찰되지 않았다. Elbow 형성은 SS/SB, SS/CD 그리고 NT/CD군에서 각각 1개의 시편에서 관찰된 반면, NT/SB군에서 4개의 시편에서 관찰되었으며, NT/EN군에서는 전혀 관찰되지 않았다. 치근단 zip형성은 SS/SB군에서 2개, SS/CD군에서 1개 그리고 NT/SB군에서 4개의 시편에서 관찰되었으나, NT/CD군과 NT/EN군에서는 전혀 관찰되지 않았

다. 치근단공의 전이는 SS/SB군에서 4개, NT/SB군에서 2개 그리고 NT/CD군에서 1개의 시편에서 관찰된 반면 SS/CD군과 NT/EN군에서는 전혀 관찰되지 않았다.

3. 근관형성 과정 중의 근관잔사의 치근단 정출

근관형성 과정 중에 나타난 근관잔사의 치근단 정출을 관찰한 바, step-back법을 사용한 SS/SB군에서는 10개의 시편 모두에서, 그리고 NT/SB군에서는 8개의 시편에서 잔사의 정출이 관찰된 반면, crown-down pressureless법을 사용한 SS/CD군과 NT/CD군에서는 잔사의 정출이 전혀 관찰되지 않았으며, NT/EN군에서는 4개의 시편에서 잔사의 정출이 관찰되었다 (Table 4).

Table 3. Incidence of procedural accidents during instrumentation

	SS/SB (n=10)	SS/CD (n=10)	NT/SB (n=10)	NT/CD (n=10)	NT/EN (n=10)
Ledge	1	1	1	0	1
Elbow	1	1	4	1	0
Apical zip	2	1	4	0	0
Apical transpor- tation	4	0	2	1	0

Table 4. Incidence of debris extrusion during instrumentation

Group	n	apical extrusion of canal debris
SS/SB	10	10
SS/CD	10	0
NT/SB	10	8
NT/CD	10	0
NT/EN	10	4

IV. 총괄 및 고찰

좁고 만곡된 근관의 형성시 근관 원래의 모양을 유지하면서 근관입구에서 근침부로 갈수록 점차 가늘어지는 형태로 형성한다면 이상적인 근관소독 및 충전이 가능하므로 성공적인 근관치료를 해 줄 수 있을 것이다.¹⁻³⁾ 일반적으로 만곡된 근관을 형성할 경우 근관의 직선화 양상, ledge나 zip의 형성 및 치근단 천공 등의 가능성이 높으므로 이러한 문제점을 줄이기 위해 형태 및 소재를 달리한 다양한 기구들이 연구 및 개발되어져 왔다.

근관형성에 사용되는 화일의 강성이 증가하면 근관벽의 ledging이나 치근단 천공의 가능성이 증가한다고 알려져 있고^{3,11)} El Deeb와 Boraas¹⁸⁾는 stainless steel 화일의 경우 그 형태에 관계없이 화일 크기가 증가함에 따라 근관내 zip의 발생빈도가 증가한다고 하였다. 그리고 Walia 등¹²⁾은 근관화일의 유연성이 크다면 근관형성시 발생할 수 있는 여러가지 문제점을 감소시킬 수 있을 것이라고 서술한 바 있다.

따라서 강하면서도 유연성이 뛰어난 소재의 근관화일의 개발로 좀 더 안전하고 효율적인 근관형성이 가능할 것으로 추측되지만 기구의 사용방법을 달리하였을 때 각각의 방법들에 따른 결과에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 stainless steel 화일과 nickel-titanium 화일 등 기구에 따라 filing 동작을 사용한 방법과 reaming 동작을 사용한 방법의 결과를 비교하기 위해 기구별로 단순 in/out filing 동작만을 사용한 step-back법과 reaming 동작만을 사용하는 crown-down pressureless법을 사용하여 실험하였다.

근관형성의 방법에 있어서 만곡된 근관의 근침을 크게 확대할 경우 zip 형성이나 모래시계 형태의 근단부 근관형성의 가능성이 증가한다는 Weine⁴⁾과 Walton¹⁹⁾의 연구결과에 근거하여 본 실험에서는 근침형성을 25번까지 시행하였고, 근관형성을 보다 용이하게 하고 형성시간을 단축시키며 효과적인 근관세척을 위해 Gates-Glidden bur를 사용하여 근관의 입구를 먼저 확대하였다.

근관내 기구조작의 효율성을 평가하기 위한 방법은 여러가지가 있는데, 근관잔사의 세정능력을 평가하기 위해서는 광학현미경적 방법^{6, 15, 20-23)} 및 전자현미경적 방법²⁴⁻²⁶⁾이 주로 사용될 수 있고, 근관 형태의 평가에는 방사선학적 방법²⁷⁻³⁰⁾, 사진촬영에 의한 방법^{31, 32)} 및 근관모형상의 방법^{4, 33, 34)} 등이 사용될 수 있다.

본 연구에서는 근관형성 전후의 형태변화의 관찰이 주목적이므로 방사선학적 방법을 이용하였고, 이때 근관만곡도의 측정에는 이 목적을 위해 널리 사용되고 있는 Schneider법¹⁵⁾을 사용하였다.

본 실험에서 근관형성 전후의 만곡도 변화를 관찰한 결과 step-back법을 사용한 SS/SB군 및 NT/SB군에서는 근관만곡도가 현저하게 감소하였고, SS/CD군에서는 다소 감소한 반면 nickel-titanium 화일로 crown-down pressureless법을 사용한 NT/CD군과 nickel-titanium 전동 화일을 전기구동한 NT/EN군에서는 유의성 있는 만곡도 변화를 나타내지 않아 이 두 군은 다른 군과 달리 근관형성 과정에서 근관만곡도를 크게 변화시키지 않는 것으로 나타났다.

이는 백³⁴⁾이 근관모형상에서 0.04 tapered Profile과 stainless steel K-화일을 비교한 연구에서, Profile을 사용한 군의 경우 근관형성 전 $32.5^{\circ} \pm 2.94^{\circ}$ 에서 근관형성 후 $33.7^{\circ} \pm 2.53^{\circ}$ 로 근관만곡도 변화가 $+1.17^{\circ} \pm 1.53^{\circ}$ 로 나타났다. stainless steel K-화일로 step-back법을 사용한 군에서는 근관형성 전 $29.9^{\circ} \pm 3.02^{\circ}$ 에서 근관형성 후 $28.8^{\circ} \pm 2.77^{\circ}$ 으로 $-1.17^{\circ} \pm 2.29^{\circ}$ 의 변화를 나타내어 nickel-titanium 전동 화일이 stainless steel K-화일을 사용한 step-back법에 비해 근관만곡도 변화를 적게 초래하는 것으로 나타났다고 보고한 결과와 유사하였다.

Bou Dagher와 Yared³⁵⁾는 nickel-titanium 소재의 Ultra-Flex 화일과 stainless steel K-화일을 circumferential filing 동작으로 사용하였을 때 nickel-titanium 화일이 더 우수한 만곡도 유지를 나타낸다고 하였고, Esposito와 Cunningham³⁶⁾은 nickel-titanium 수동 화일과

nickel-titanium 전동 화일 그리고 stainless steel 화일로 근관형성한 결과를 비교한 연구에서 nickel-titanium 수동 및 전동 화일이 stainless steel 화일보다 근관의 만곡도의 유지면에서 더 우수하다고 하였다. 그러나, 본 연구에서는 단순한 in/out filing 동작으로 근관형성하였을 때 nickel-titanium 화일 (NT/SB군) 과 stainless steel 화일 (SS/SB군) 사이에 근관만곡도 변화에 있어 유의한 차이를 나타내지 않았고 SS/SB군과 NT/SB군에서 공히 근관형성 후 근관만곡도가 유의하게 감소되어 나타났다. 이러한 결과로 보아 Alodeh¹⁶⁾ 등이 보고한 바와 같이 단순 in/out filing 동작은 유연성이 뛰어난 nickel-titanium 화일을 사용하더라도 만곡된 근관의 형성에 적절치 못함을 알 수 있었다. 또한 nickel-titanium K-화일이 stainless steel K-화일에 비해 유연성이 더 우수함에도 불구하고 step-back법의 사용시 근관만곡도가 현저히 감소한 것은 nickel-titanium 화일은 근관내에 적용하기 전에 미리 만곡시킬 수 없다는 점과 연관하여 생각할 수 있다. 즉, 부분적으로 석회화되고 불규칙한 좁은 근관에서 곧은 nickel-titanium 화일은 근침까지 접근할 수 있는 칩투력이 부족하므로 원래의 근관을 따라 들어가기 힘들 것이라고 추측된다. 화일을 만곡시킬 수 없다는 것은 구강내에서 근관으로의 접근이 힘들다는 임상적인 문제도 내포하고 있다. 따라서 nickel-titanium 화일을 만곡시켜서 사용한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 crown-down pressureless법으로 근관형성하였을 때 stainless steel 화일의 경우 만곡도가 유의하게 감소되어 나타났으나 nickel-titanium 화일을 사용한 경우에는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 발거치의 만곡된 근관에서 nickel-titanium 화일과 stainless steel 화일을 reaming 동작의 balanced force법으로 사용하였을 때 nickel-titanium 화일이 근관만곡도 변화를 유의하게 적게 초래함을 보고한 Royal과 Donnelly³⁷⁾의 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

본 실험에서 nickel-titanium K-화일을 사

용한 경우 crown-down pressureless법이 step-back법보다 근관만곡도 유지의 측면에서 더 우수한 것으로 나타난 반면, stainless steel 화일을 사용한 경우에는 step-back법과 crown-down pressureless법으로 근관형성한 후 만곡도 변화를 비교했을 때 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 이러한 결과는 stainless steel 파일을 사용하여 step-back법 및 crown-down pressureless법으로 근관형성한 후 근관만곡도 변화를 분석하였을 때 근관만곡도 변화가 유의한 차이를 나타내지 않았다는 Luiten 등³⁸⁾의 연구결과와 유사하였다.

Quantec series 2000™ 전동 화일은 근관입구에서부터 근침방향으로 힘을 가하지 않은 상태에서 pumping 동작을 사용하여 근침까지 도달하게 하는 것으로서 결과적으로 볼 때 crown-down의 방법을 취하게 되며, engine이 시계방향으로 저속회전함으로써 reaming 동작을 나타내게 된다. 결국 그 동작은 crown-down pressureless법과 유사하다고 볼 수 있는데, 이는 본 실험에서 NT/CD군 및 NT/EN군의 근관형성 후의 결과가 유사하게 나타났다는 점에서 확인되었다.

Vessey³⁰⁾는 file을 reaming 동작으로 사용하는 것이 filing 동작으로 사용할 때보다 근관의 변위가 적다고 하였고, Calhoun과 Montgomery³⁹⁾, Leseberg와 Montgomery⁴⁰⁾도 stainless steel 화일을 사용하여 filing 동작 및 balanced force법으로 근관형성한 후 근관의 변위를 관찰한 연구에서 Vessey의 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있다. 본 연구에서도 nickel-titanium 화일을 사용할 때 filing 동작보다 reaming 동작으로 사용하는 것이 근관만곡도 유지에 더 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 유연성 및 연성이 우수한 특성을 가진 nickel-titanium file이지만 만곡된 근관내에서 reaming 동작으로 사용할 때 화일에 가해지는 피로의 누적으로 인해 파절의 위험이 있다는 점을 배제할 수 없다. 따라서, nickel-titanium 수동 또는 전동 화일을 reaming 동작으로 사용할 때의 안정성에 대한 연구가 더 필요한 것으로 사료된다.

근관 본래의 만곡도와 근관형성 후의 만곡도 변화 사이의 상관관계를 유추하기 위해 회귀 분석을 시행한 결과 NT/SB군에서만 근관 본래의 만곡도가 클수록 근관형성 후의 근관만곡도의 변화량이 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과에 대한 원인은 첫째, NT/SB군의 경우 근관 본래의 만곡도가 다른 군보다 컸고 이로 인해 단순 in/out filing 동작에 의한 근관의 직선화 양상이 더 많이 나타난 것으로 추정되며 둘째는, 근관 본래의 만곡도가 크면 화일의 복원력이 크게 작용하기 때문인 것으로 추정되나 앞으로 더 많은 연구가 요구된다 하겠다.

본 실험에서 근관형성 후의 근관형태를 투사지에 tracing한 방사선사진 상에서 근관형성 과정 중의 오류를 관찰한 결과 NT/EN군에서는 ledge 형성만 1개의 시편에서 관찰되었고, crown-down pressureless법을 사용한 NT/CD군에서는 elbow 형성과 근단공 전이만이 각각 1개의 시편에서 관찰되었고 SS/CD군에서는 ledge, elbow 그리고 치근단 zip 형성이 각각 1개의 시편에서 관찰된 반면 step-back법을 사용한 SS/SB군과 NT/SB군에서는 각각 8개 및 10개의 시편에서 이러한 근관형성 과정 중의 오류가 관찰되었다. 따라서 step-back법에 비해 crown-down pressureless법이 근관형성 과정 중의 오류를 적게 초래하는 것으로 여겨지며 NT/EN군 또한 이러한 오류를 최소화할 수 있는 방법이라고 생각된다. 그리고 만곡도 변화가 심한 군에서 근관형성 과정 중의 오류가 많이 나타난 것으로 보아 만곡도 변화의 관찰이 근관내 기구조작의 효과를 평가하는 데 적절한 방법이라고 사료된다.

본 연구에서 근관형성하는 동안 근관잔사의 치근단 정출을 관찰한 결과, SS/SB군과 NT/SB군에서는 각각 10개 및 8개의 시편에서 치근단 정출이 발생한 반면 NT/EN군에서는 4개의 시편에서만 발생하였고 SB/CD군, NT/CD군에서는 전혀 발생하지 않았다. 이러한 결과는 화일과 리머가 시편의 90%에서 잔사의 정출을 초래한다는 Champman⁴¹⁾과 Champman⁴²⁾의 연구결과와 유사하다. SS/CD군 및 NT/CD군에서보다 NT/EN군에서 debris extrusion이

많이 나타난 이유는 NT/EN군의 경우 in/out pumping 동작으로 근관형성하기 때문인 것으로 사료된다. 본 연구의 결과는 crown-down pressureless법이 근관잔사의 치근단 정출을 감소시킨다는 Morgan과 Montgomery⁸⁾의 연구와 유사한 것으로서 잔사 정출의 역제가 술후 동통과 치유지연을 감소시킬 수 있다는 점에서 중요한 의미를 가진다 하겠다.

본 연구의 결과, 가늘고 만곡된 근관의 형성시 crown-down pressureless법이 근관형성 후 근관만곡도의 변화 및 형성과정 중의 오류의 발생, 근관형성시의 근관잔사의 치근단 정출을 최소화할 수 있다는 점에서 step-back법보다 더 우수한 방법이며 nickel-titanium 화일을 사용한 경우 filing 동작보다는 reaming 동작으로 사용할 때 만곡도 유지가 더 우수하다고 여겨진다. 그리고 본 실험에서는 발거치를 사용하였으므로 근관의 만곡도, 크기 및 길이 등의 표준화가 다소 어려웠고, 근관의 형태변화의 평가에 방사선학적 방법을 이용했으므로 근관형태의 변화를 삼차원적으로 해석하기는 어려운 점이 있었다. 따라서 앞으로 실험 모델의 표준화와 근관형태의 삼차원적인 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

만곡된 근관에서 근관형성 기구와 방법에 따른 근관형태의 변화를 알아보고, 기구에 따른 근관형태의 유지에 가장 효과적인 근관형성법을 알아보기 위해 상악 대구치의 근심협측 혹은 원심협측 근관 50개를 대상으로 하여 stainless steel K-화일을 사용한 step-back법 및 crown-down pressureless법, nickel-titanium K-화일을 사용한 step-back법 및 crown-down pressureless법 그리고 nickel-titanium 전동 화일을 사용한 전기구동법으로 근관형성한 후 방사선 사진상에서 근관만곡도의 측정 및 근관 형태 변화의 관찰을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Nickel-titanium K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 군 및 ni-

ckel-titanium 전동 화일을 사용하여 근관형성한 군에서는 근관만곡도에 유의한 변화가 나타나지 않았으나 ($p>0.05$), stainless steel K-화일이나 nickel-titanium K-화일을 사용하여 step-back법으로 근관형성한 군 ($p<0.01$)과 stainless steel K-화일을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관형성한 군 ($p<0.05$)에서는 근관만곡도의 변화가 유의하게 크게 나타났다.

Nickel-titanium K-화일을 사용한 경우 crown-down pressureless법을 시행한 경우가 step-back법을 시행한 경우보다 근관만곡도의 변화량이 유의성 있게 적은 것으로 나타난 반면 ($p<0.05$), stainless steel K-화일을 사용한 경우에는 형성방법에 따른 만곡도 변화량에 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($p>0.05$).

Step-back법 및 crown-down pressureless법 공히 근관형성 기구의 종류에 따른 만곡도의 변화량에는 유의한 차이가 없었다 ($p>0.05$).

Ledge, elbow, 치근단 zip 형성 그리고 치근단공 전이 등의 근관형성 과정 중의 오류는 전동 화일군 및 crown-down pressureless법 사용군들에 비해 step-back법 사용군들에서 많이 발생하였다.

근관형성하는 동안 근관잔사의 치근단 정출은 stainless steel K-화일을 사용한 경우 및 nickel-titanium K-화일을 사용한 경우 공히 crown-down pressureless법에 비해 step-back법으로 근관형성한 군에서 많이 나타났다.

참 고 문 헌

1. Cohen, S. and Burns, R. C. : Pathways of the pulp, 6th ed., C. V. Mosby Co., St. Louis (1994) pp.179-195.
2. Weine, F. S. : Endodontic therapy, 5th ed., C. V. Mosby Co., St. Louis (1996) pp.305-355.
3. Schilder, H. : Cleaning and shaping the root canal, Dent. Clin. North. Am., 18 : 269-296, 1974.
4. Weine, F. S., Kelly, R. F. and Lio, P. J.

: The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape, J. Endodont., 1 : 255-62, 1975.

5. Allison, D. A. Weber, C. R. and Walton, R. E. : The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation, J. Endodont., 5 : 298-304, 1979.
6. Abou-Rass, M., Frank, A. L. and Glick, D. H. : The anticurvature filing method to prepare the curved root canal, J. Am. Dent. Assoc., 101 : 792-794, 1980.
7. Goerig, A. C., Michelich, R. J. and Schultz, H. : Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique, J. Endodont., 8 : 550-554, 1982.
8. Morgan, L. F. and Montgomery, S. : An evaluation for the crown-down pressureless technique, J. Endodont., 10 : 491-498, 1984.
9. Roane, J. B., Sabala, C. L. and Duncanson, M. G. : The 『balanced force』 concept for instrumentation of curved canals, J. Endodont., 11 : 203-211, 1985.
10. Cohen, S. and Burns, R. C. : Pathways of the pulp, 6th ed. C. V. Mosby, St. Louis (1994) pp.206.
11. Mullaney, T. P. : Instrumentation of finely curved canals, Dent. Clin. North. Am., 23 : 575-592, 1979.
12. Walia, H., Brantley, W. A. and Gerstein, H. : An initial investigation of bending and torsional properties of Nitinol root canal files, J. Endodont., 14 : 346-51, 1988.
13. Camps, J. and Pertot, W. J. : Torsional and stiffness properties of Canal Master U stainless steel and nitinol instruments, J. Endodont., 20 : 395-398, 1994.
14. 김성교 : 수동리머와 전동리머의 근관형성 효과, 대한치과보존학회지, 10 : 55-62, 1984.
15. Schneider, S. W. : A comparison of canal

- preparations in straight and curved root canals, *Oral Surg.*, 32 : 271-275, 1971.
16. Alodeh, M. H. A., Doller, R. and Dummer, P. M. H. : Shaping of simulated root canals in resin blocks using the step-back technique with K-files manipulated in a simple in/out filing motion, *Int. Endodont. J.*, 22 : 107-117, 1989.
 17. Leeb, J. : Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation, *J. Endodont.*, 11 : 464-470, 1983.
 18. El Deeb, M. E. and Boraas, J. C. : The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals, *Int. Endodont. J.*, 18 : 1-7, 1985.
 19. Walton, R. E. : Current concept of canal preparation, *Dent. Clin. North. Am.*, 23 : 575-592, 1979.
 20. Gutierrez, J. H. and Garcia, J. : Microscopic and macroscopic investigation on result of mechanical preparation of root canals, *Oral Surg., Oral Med. and Oral Path.*, 25 : 108-116, 1968.
 21. Jungmann, C. L., Uchin, R. A. and Bucher, J. F. : Effect of instrumentation on the shape of the root canal, *J. Endodont.*, 1 : 66-69, 1975.
 22. Coffae, K. P. and Brilliant, J. D. : The effect of serial preparation versus nonserial preparation on tissue remove in the root canals of extruded mandibular human molars, *J. Endodont.*, 1 : 211-214, 1975.
 23. Walton, R. E. : Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space, *J. Endodont.* 2 : 304-311, 1976.
 24. Moodnik, R. M., Dorn, S. O., Feldman M. J., Levey, M. and Borden, B. G. : Efficacy of biomechanical instrumentation : A scanning electron microscopic study, *J. Endodont.*, 2 : 261-266, 1976.
 25. Rubin, L. M., Skobe Z., Kradow, A. A. and Gron P. : The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy : a SEM study, *J. Endodont.*, 5 : 328-335, 1979.
 26. Cunnigham, W. T. and Martin, H. : A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system, *Oral Surg.*, 53 : 527-531, 1982.
 27. Chenail, B. L. and Teplitsky, P. E. : Endosonic in curved root canals, *J. Endodont.*, 11 : 369-374, 1985.
 28. Palmer, M. J., Weine, F. S. and Healey, H. J. : Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy, *J. Endodont.*, 12 : 375-381, 1986.
 29. Ahmad, M. and Thomas, R. : A comparison using macroradiography of canal shapes in teeth instrumented ultrasonically and by hand, *J. Endodont.*, 15 : 339-344, 1989.
 30. Vessey, R. A. : The effect of filing versus reaming on the shape of the prepared root canal, *Oral Surg.*, 27 : 543-547, 1969.
 31. Green, D. : Stereomicroscopic study 700 root apicies of maxillary and mandibular posterior teeth, *Oral Surg., Oral Med. and Oral Path.*, 13 : 728-733, 1960.
 32. Ahmad, M. : Shape of the root canal after ultrasonic instrumentation with K-Flex file, *Endodont. Dent. Traumatol.*, 6 : 104-108, 1990.
 33. Kielt, L. W. and Montgomery, S. : The effects of endosonic instrumentation in simulated curved root canals, *J. Endodont.*, 13 : 215-219, 1987.
 34. 백승호 : 만곡근관에서 Engine-driven NiTi file, 초음파기구, stainless steel file을 이용한 근관형성 후 근관형태 변화에 관한 연구, *대한치과의사협회지*, 34 : 363-371, 1996.
 35. Bou Daugher, F. F. and Yared, G. M. : Comparison of three files to prepare curved

- root canals, *J. Endodont.*, 21 : 264–265, 1995.
36. Esposito, P. T. and Cunningham, C. J. : A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments, *J. Endodont.*, 21 : 173–176, 1995.
 37. Royal, J. R. and Donnelly, J. C. : A comparison of maintenance of canal curvature using balanced-force instrumentation with three different file types, *J. Endodont.*, 21 : 300–304, 1995.
 38. Luiten, D. J., Morgan, L. A. and Baumgartner, J. C. : A comparison of four instrumentation technique on apical canal transportation, *J. Endodont.*, 21 : 26–32, 1995.
 39. Calhoun, G. and Montgomery, S. : The effect of Canal Master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on root canal configuration, *J. Endodont.*, 17 : 59–65, 1991.
 40. Leseberg, D. A. and Montgomery, S. : The effect of four instrumentation techniques on root canal shape, *J. Endodont.*, 14 : 273–277, 1988.
 41. Champman, C. E., Collee, J. G. and Beagrie, G. S. : A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics, *J. Br. Endodont. Soc.* 2 : 7–11, 1968.
 42. Champman, C. E. : The correlation between apical infection and instrumentation in endodontics, *J. Br. Endodont. Soc.*, 5 : 76–80, 1971.