

근관의 치경부 조기 확대가 치근단 잔사 정출에 미치는 효과

김민경 · 민정범 · 황호길*

조선대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

THE EFFECT OF EARLY CORONAL FLARING ABOUT APICAL EXTRUSION OF DEBRIS

Min-Kyung Kim, Jeong-Beom Min, Ho-Keel Hwang*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to investigate the quantity of debris which was extruded apically after canal instrumentation using different types of enlarging instrument in endodontic resin models.

Five groups of 9 endodontic resin models were instrumented using each different technique : hand instrumentation without early coronal flaring, hand instrumentation after early coronal flaring, and three nickel titanium engine driven instrumentations (Hero 642, Protaper, K³). Debris extruded from apical foramen during instrumentation was collected on preweighed CBC bottle, desiccated and weighted using electronic balance. The results were analyzed using Kruskal wallis test and Mann Whitney U rank sum test at a significance level of 0.05.

The results were as follows:

1. All of instrumentation techniques produced apically extruded debris.
2. Group without early coronal flaring extruded significant more debris than groups with early coronal flaring.
3. There was no significant difference among early coronal flaring groups.

The early coronal flaring is very important to reduce the amount of debris extruded apically. (J Kor Acad Cons Dent 29(2):147-152, 2004)

Key words : Apically extruded debris, Hand instrumentation, Hero 642, Protaper, K³, Early coronal flaring

I. 서 론

성공적인 근관 치료를 위해 근관을 깨끗이 세정하고 성형

하는 것은 중요한 과정이다. 근관치료 시 근관을 성형하는 과정중에 상아질 및 치수조직 잔사, 피사 조직, 세균, 근관 세척액 등이 치근단공을 통하여 정출될 수 있으며 이 물질 들은 술후 통증이나 "flare up"을 일으킬 수 있다¹⁾. Fukushima 등²⁾은 치근단 병소를 가진 증상이 없는 무수치의 경우 세균이 치근단공이나 치근 외면이 아닌 근관내의 치근단부에 대부분 존재하므로 근관치료에 의해 세균 주위 환경이 바뀌거나 숙주의 면역체계가 약화되면 60%정도가 근관치료 중이나 후에 증상을 가진 치근단 병소로 진행될 수 있다고 보고하였다.

Corresponding author: Ho-Keel Hwang

Dept. of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Chosun University
375 Susuk-dong, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea
Tel : 82-62-220-3840 Fax : 82-62-232-9064
E-mail : rootcanal@hanmail.net

※ 이 논문은 2003년도 조선대학교 연구보조비 지원에 의하여 연구되었음

기구 조작법에 상관없이 모두 근단공을 통하여 잔사가 정출된다고 여러 문헌에서 보고되고 있으며^{7,9,10,13)}, 이러한 문제점을 해결하고자 잔사의 정출을 감소시킬 수 있는 방법이 소개되었다^{7,10,12,15)}.

1987년 Fairbourn 등¹⁰⁾은 공기 진동법이나 치경부 확대법, 초음파법이 수동식 기구 조작법보다 잔사의 정출이 적다고 보고하였으며, Ferraz 등¹⁶⁾은 엔진 구동형 니켈 티타늄 파일을 이용한 확대 방법이 수동식 기구 조작법에 비해 잔사의 정출이 적다고 하였고, Ruiz Hubard 등¹⁵⁾은 step back 기구 조작법 보다 crown down pressureless 기구 조작법이 잔사의 정출이 적다고 보고하였다.

Crown down pressureless 기구 조작법은 근단부 성형 전에 근관의 치경부를 미리 확대하는 방법으로 근관의 치경부를 미리 넓혀주어 파일이 근단부 1/3에만 접촉되므로 촉감을 증진시키고 세척제가 근관 내 깊은 부위까지 도달할 수 있어 세정을 향상시키는 장점이 있다^{17,20)}. 또한 ledge가 생길 가능성과 기구 파절 가능성, 근단부 쪽에 잔사가 쌓일 가능성 등을 줄여주며²¹⁾, 뿐만 아니라 치수 조직과 세균, 독소가 미리 제거되어 치근단공을 통과하는 미생물 및 상아질 삭편의 양을 줄일 수 있어 술 후 동통이 덜 발생된다^{22,23)}. 이러한 crown down pressureless 기구 조작법을 적용하여 근관의 치경부를 미리 확대하기 위해 기존의 Gate Glidden drill 뿐만 아니라 최근에는 각종 니켈 티타늄 기구들이 개발되어 보다 효과적인 근관 치료가 가능하게 되었다.

따라서 이 연구의 목적은 근관의 치경부 조기 확대 여부와 근관 확대에 사용된 기구에 따라서 근단공으로 정출된 잔사의 양에 있어 어떤 차이가 있는지 알아보기 위함이다.

II. 실험재료 및 방법

실험 재료로는 규격화된 만곡된 근관을 가진 레진 블록(SybronEndo., U.S.A.) 45개를 이용하였다. 15번 크기의 수동형 스테인레스강 K형 파일(Maillefer Co., Swiss)을 이용하여 레진 블록의 개방성을 확인하고 파일의 끝이 근단

공에서 보이는 지점을 근관장으로 설정하였다. 근단공으로 정출된 잔사의 양을 상대적으로 알아보기 위해 Metapaste(Meta Dental Co., Korea)를 충전하였다. 근관 확대는 각 군에 따라 다른 기구를 사용하였다. 각 기구 사용 후에는 증류수를 이용하여 세척하고 총 3ml를 동일하게 사용하였다. 근관 확대가 완료된 후 레진 블록의 근단부에 붙어 있는 잔사는 1ml의 증류수를 이용하여 세척하였다. 세척 시에는 27게이지(.0160")의 Endo EZE(Ultradent Products, INC., U.S.A.) 세척 needle을 이용하였고 회전식 니켈 티타늄 기구를 위한 전기 구동형 엔진은 Quantec E™ motor(SybronEndo., U.S.A.)를 300 rpm으로 고정하여 사용하였다.

1. 근관 확대

동일한 형태의 레진 블록을 무작위로 9개씩 나누고 근관의 치경부를 미리 확대하지 않고 수동식 기구 조작법을 사용한 군을 대조군으로 하고 근관의 치경부를 미리 확대한 실험군은 사용된 기구에 따라 4개의 군으로 분류하였다(Table 1).

(1) 대조군

근관의 치경부를 미리 확대하지 않고 수동형 스테인레스강 K형 파일을 15, 20, 25, 30번 크기 순으로 근관장 길이만큼 balanced force 기구 조작법을 이용하여 근단부 확대를 시행하였고 1mm 간격으로 step back을 시행하여 50번 파일까지 근관 형성을 하였다.

(2) Hero 642군(Micro Mega, France)

근관의 치경부를 .12 taper의 Endoflare파일을 사용하여 미리 확대하였다. 근관의 중앙은 .06, .04 taper의 20번 파일과 .04 taper의 25번, 30번 파일(Hero shaper 파일)을 이용하여 확대하고 근단부는 .06 taper의 30번 파일(Hero apical 파일)로 확대하였다. 치근단 받침은 수동형 스테인레스강 K형 파일 30번으로 설정하였다.

Table 1. Group classification

Group	Coronal flaring	Apical preparation
Control	No	K file
Hero-642	Endoflare file	Hero shaper file Hero apical file
Protaper	Shaping file	Finishing file
K ³	Orifice opener	.06 taper #15, #20, #25, #30
Hand	H file, Gate-Glidden	K file

(3) Protaper군 (Dentsply Maillefer, Tulsa, U.S.A.)
 근관의 치경부를 Shaping 파일인 Sx, S1, S2 파일을 순서대로 사용하여 미리 확대하였다. 근단부 확대를 위해 Finishing 파일인 F1, F2, F3 파일을 순서대로 사용하였으며 치근단 받침은 수동형 스테인레스강 K형 파일 30번으로 설정하였다.

(4) K³군 (SybronEndo, U.S.A.)
 근관의 치경부를 .12, .10, .08 taper orifice opener를 순서대로 사용하여 미리 확대하였다. 근단부 확대를 위해 .06 taper의 15, 20, 25, 30번 파일을 순서대로 사용하였으며 치근단 받침은 수동형 스테인레스강 K형 파일 30번으로 설정하였다.

(5) Hand군
 근관의 치경부를 15, 20, 25번 H형 파일 (Maillefer CO., Swiss)을 순서대로 사용하여 미리 확대하였다. 저항이 느껴지는 깊이까지 Gate Glidden drill (MANI Inc. Japan) 3, 2, 1번 순으로 사용하였다. 수동형 스테인레스강 K형 파일을 사용하여 balanced force 기구 조작법으로 근단부 확대를 시행하였다. 치근단 받침은 수동형 스테인레스강 K형 파일 30번으로 설정하였고 1mm 간격으로 step back을 시행하여 50번까지 근관 형성을 하였다.

2. 잔사 수집

각 레진 블록에서 정출된 잔사의 양은 1991년 Myers와 Montgomery²⁰에 의해 제시된 방법을 이용하여 측정하였다. 레진 블록에서 정출된 잔사를 수집하는 용기는 CBC bottle을 이용하였으며, CBC bottle은 실험에 사용하기 24

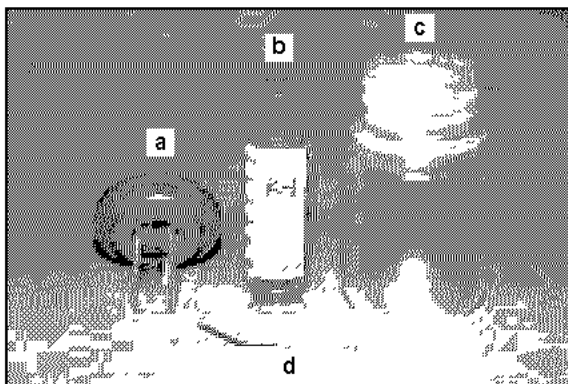


Figure 1. Resin block in stopper(a), CBC bottle(b), flask(c), and 23-gauge needle(d) before assembly

시간 전에 36℃ 공기 건조기에 보관하고 전자저울 (Sartorius, Germany)을 이용하여 무게를 미리 측정하였다. 실험용 레진 블록을 rubber stopper에 꼭 맞게 끼운 다음 레진 블록의 근단부가 CBC bottle내에 위치하도록 하고 CBC bottle을 용기내에 위치시켰다. Rubber stopper와 용기의 입구가 잘 맞도록 조정하고 rubber stopper옆에 23게이지 needle을 통과시켜 용기 안과 밖의 공기압력이 같아지도록 하였다 (Figure 1). 이 때 용기는 반투명한 것을 사용하여 기구조작과정을 시술자가 볼 수 없도록 하였다 (Figure 2).

3. 무게 측정

근관 확대를 시행한 후에 레진 블록에 붙어 있는 잔사를 제거하기 위하여 1ml 증류수를 사용하였다. 그리고 즉시 CBC bottle의 덮개를 닫았다. 증류수를 증발시키기 위해 68℃ 항온기에서 80시간 동안 건조시켰다. 무게는 전자저울을 이용하여 측정하였다.

4. 통계 분석

각 군에서 정출된 잔사에 대한 상호간의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS (ver. 10.1)에서 Kruskal Wallis 검정을 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Mann Whitney 검정을 이용하여 p = 0.05 유의수준에서 분석하였다.



Figure 2. A device for collecting the debris extruded apically

Table 2 Average weights of apically extruded debris in each group (unit : mg)

Group	Mean	S.D
control	0.00335	0.00036
* Hero-642	0.00089	0.00004
Protaper	0.00090	0.00043
K ³	0.00086	0.00066
Hand	0.00098	0.00014

S.D : Standard deviation

* : Significantly different at $p < 0.05$ (Mann-Whitney test)

Ⅲ. 연구 결과

모든 군에서 근단공을 통하여 잔사가 정출되었다. 근단공으로 정출된 잔사의 양은 K³ 군, Hero 642 군, Protaper 군, Hand 군, 대조군 순으로 증가하였다 (Table 2, Figure 3). 각 군의 치근단으로 정출된 잔사의 양은 K³ 군, Hero 642 군, Protaper 군, Hand 군 보다는 대조군에서 많은 잔사가 정출하였고, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 반면 K³ 군, Hero 642 군, Protaper 군, Hand 군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

Ⅳ. 총괄 및 고안

이 연구는 각기 다른 방법과 기구를 사용하여 근관을 기구 조작한 후 근단공으로 정출된 잔사의 양에 있어 어떤 차이가 있는지 알아보기 위한 것이다.

실험 방법은 기존에 사용되었던 방법보다 더 표준적이고 재현적이라고 보고된²⁵⁾ Myers와 Montgomery²⁶⁾의 방법을 약간 변형시켜 사용하였다. 이들은 실험대상을 자연 치아로 하였기 때문에 잔사를 수집하는 용기로 15×45mm glass shell vial (Kimble, Toledo, OH)을 이용하였지만 이 연구에서는 실험용 레진 블록을 이용하였기 때문에 CBC bottle을 이용하였다.

이 연구에서는 기구 조작 방법을 제외한 다른 조건을 최대한 동일하게 하기 위해 근관형태를 본떠서 동일한 형태로 제작한 레진 블록을 실험에 이용하였다. 인공적으로 제작한 레진 블록은 실제 치아와 다르기 때문에 실험 결과에 있어서 차이를 나타낼 수 있으나 Lim과 Webber²⁸⁾는 사람의 구치와 polyester clear resin으로 만든 레진 블록 상에서 기구조작을 시행한 후 근관의 형태에 미치는 효과를 비교하여 성형된 근관의 형태가 질적이나 양적으로 차이가 없다고 보

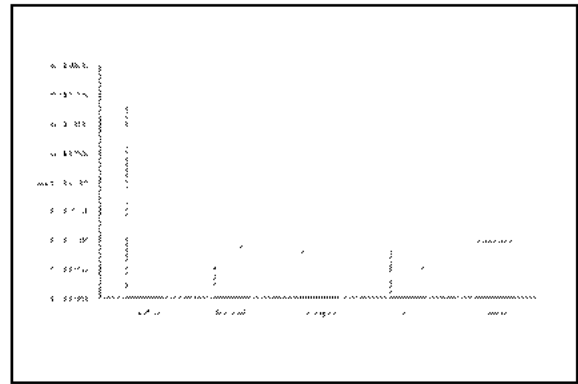


Figure 3. Average weight of apically extruded debris in each group

고한 바 이 연구에서도 동일한 형태의 레진 블록을 사용하였다.

Ruiz Hubard²⁵⁾는 직선 근관과 만곡 근관에서 step back 기구 조작법과 crown down pressureless 기구 조작법으로 근관 확대시 치근단으로 정출된 잔사의 양을 비교하였는데 직선 근관과 만곡 근관 모두에서 crown down pressureless 기구 조작법을 사용하였을 때 치근단으로 정출된 잔사의 양이 유의하게 적게 나타났다고 보고하였다. Fairbourn 등¹⁰⁾도 수동식 기구 조작법을 사용하였을 때 보다 근관의 치경부를 미리 확대한 군에서 잔사가 더 적게 정출되었다고 보고한 바, 이 연구 결과 역시 근관의 치경부를 미리 확대한 군에서 대조군에 비해 잔사가 더 적게 정출되었다. 이는 근단부 확대를 시행하기 전에 근관의 치경부를 미리 확대함으로써 근관내의 내용물 (치수조직과 세균 및 독소)이 미리 제거되고 세척액이 근관의 치근단 1/3 부위까지 침투되어 세정 능력이 향상되므로 상대적으로 치근단으로 정출되는 잔사의 양이 적어졌기 때문이라고 생각할 수 있다.

근관의 치경부를 미리 확대하기 위해 니켈 티타늄 기구, Peeso reamer와 Gate Glidden drill을 포함한 엔진 구동형 회전 기구 또는 수동식 기구등 여러 가지 기구를 사용할 수 있다. Gerstein²⁷⁾은 근관의 치경부를 미리 확대할 때 엔진 구동형 회전 기구보다 수동식 기구를 사용하는 것이 더 쉽고 안전하다고 보고한 반면, Montgomery²⁸⁾는 Peeso reamer를 사용하는 것도 수동식 기구를 사용하는 것만큼 안전하다고 하였다. Leeb¹⁹⁾은 Peeso reamer는 삭체면이 길어서 근관 입구와 근관의 치관부 2/3를 동시에 확대하므로 Gate Glidden drill보다 효과적이라고 보고하였다. 그리고 이렇게 치관부 성형을 시행하면 치근단 부위까지 직선적인 접근이 가능하여 치근단 부위의 기구조작이 단순화되어 술자의 시술시간을 단축해주고 나아가 근관 충전의 질을

높혀준다고 하였다. 또한 상아질 및 치수조직 잔사, 피사조직, 세균 등이 미리 제거되어 치근단공을 넘어서는 잔사의 양을 줄일 수 있어 술 후 문제점이 덜 발생된다고 보고하였다^{22,23)}.

최근에는 각 회사에서 근관의 치경부를 미리 확대하기 위한 니켈 티타늄 기구들이 많이 개발되어 소개되었다. 니켈 티타늄 기구는 다른 금속에 비해 높은 생체 친화성과 부식 저항성을 가진다. 또한 스테인레스 강 파일에 비해 중심을 유지하는 능력이 우수하며 천공이나 근관의 형태 변형 위험성을 감소시켜 근관 형성의 질이 향상되고 최소한 20%정도 작업시간이 감소되며 근관 확대시 적은 힘이 소요되는 것으로 알려져 있다.

종래에는 수동식 확대 방법과 엔진 구동형 니켈 티타늄 파일을 이용한 확대 방법간에 정출된 잔사의 양에 있어 어떤 차이가 있는지 많은 연구가 진행되었다. Reddy와 Hicks²⁰⁾는 수동식 기구 조작법과 엔진 구동형 니켈 티타늄 기구 조작법을 사용하여 근관 확대시 치근단으로 정출된 잔사의 양에 있어서 차이가 있는지 처음으로 비교하였는데 니켈 티타늄 기구를 이용한 엔진 구동형 기구 조작법과 balanced force 기구 조작법보다 step back 기구 조작법이 잔사의 정출이 더 많다고 하였다. Beeson 등³⁰⁾도 Profile Series 29파일보다 K형 파일을 이용한 step back 기구 조작법이 잔사의 정출이 더 많다고 하였다. Ferraz 등¹⁶⁾은 니켈 티타늄 기구를 이용한 3가지 엔진 구동형 기구 조작법 (Profile.04, Quantec 2000, Pow R)과 balanced force 기구 조작법, 수동식 기구 조작법을 사용하여 발치된 치아에 기구조작 후 치근단으로 밀려나간 잔사의 무게와 세척액의 양을 측정하였는데 전체적으로 엔진 구동형 기구 조작법이 수동식 기구 조작법에 비해 잔사의 정출이 더 적다고 하였다.

이와 같이 엔진 구동형 기구 조작법을 사용하여 근관 확대시 더 적은 양의 세척액과 잔사가 정출되었는데 이것은 회전 동작을 통해 근관내에서 잔사가 packing되는 것을 방지하여 근관의 입구 쪽으로 잔사를 내보내는 니켈 티타늄 파일의 형태 때문이라고 생각된다.

이 연구에서는 실험군 내에서 수동식 기구 조작법과 니켈 티타늄 파일을 이용한 엔진 구동형 기구 조작법사이에 근단공으로 정출된 잔사의 양에 있어 유의성 있는 차이를 나타내지 않았는데 그 이유는 근관의 치경부를 회전식 기구인 Gate Glidden drill을 이용하여 확대하였기 때문에 대부분의 잔사가 미리 제거되었고 근단부 수동 기구 조작 시에 linear filing action을 사용하지 않고 balanced force 기구 조작법을 사용했기 때문으로 생각된다. 수동형 파일을 linear filing action으로 사용하면 파일이 피스톤처럼 작용하여 근관내로 잔사를 더 밀어 넣을 수 있는 반면에^{2,16,20)} balanced force 기구 조작법을 사용하면 clockwise motion이

나 counter clockwise motion 등의 회전동작을 사용하기 때문에 근관내에서 기구의 압력을 조절 할 수 있어 잔사의 정출이 제한될 수 있다. Al Omari 등³¹⁾의 연구에서 balanced force 기구 조작법 사용 시 linear filing action을 사용하였을 때보다 더 적은 양의 잔사가 정출되었고 엔진 구동형 기구 조작법을 사용한 군과 유사한 양의 잔사가 정출되었다고 보고하였다. McKendry³²⁾의 연구에서도 balanced force 기구 조작법 사용 시 linear filing action을 사용하는 step back 기구 조작법보다 더 적은 양의 잔사가 정출되었다고 보고한 바 이 연구에서도 위 실험 결과와 유사한 결과가 나타났다.

In vitro 연구에서는 치근단이 공기 중에 노출되어 있는 반면, 생체에서는 육아조직이나 치근단조직으로 둘러싸여 있고 같은 양의 잔사가 치근단으로 정출된다고 하더라도 환자 각각의 전신상태나 세균의 종류와 독성에 따라서 나타나는 임상반응이 달라질 수 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 따라서 임상적인 상황과 연계하여 근관 치료 도중이나 후에 나타난 "flare up" 증상을 가진 환자를 대상으로 근관의 형태, 근관 확대에 사용한 확대 방법 및 기구, 세척액, 세척 시에 사용된 needle 등과 관련된 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

근관 확대시 근관의 치경부 조기 확대 여부와 근관 확대에 사용된 기구에 따라서 근단공으로 정출된 잔사의 양에 있어 어떤 차이가 있는지 알아보하고자 이 연구를 계획하였다.

규격화된 만곡된 근관을 가진 45개의 레진 블록을 무작위로 9개씩 선택한 다음 근관의 치경부를 미리 확대하지 않고 수동식 기구 조작법을 사용한 군을 대조군으로 하고 근관의 치경부를 미리 확대한 실험군은 사용된 기구에 따라 4개의 군 (Hero 642 군, Protaper 군, K³ 군, hand 군)으로 분류하였다. 미리 무게를 잰 CBC bottle에 근관을 확대한 후 정출되어 나온 잔사를 수집하여 건조시킨 다음 잔사가 들어 있는 CBC bottle의 무게를 전자저울을 이용하여 측정하였다. 각 군에서 정출된 잔사에 대한 상호간의 유의성 검증은 Kruskal Wallis 검정을 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Mann Whitney 검정을 이용하여 $p = 0.05$ 유의수준에서 분석하여 그 결과는 다음과 같다.

1. 근관의 치경부 조기 확대 여부와 근관 확대에 사용된 기구의 종류에 관계없이 모든군에서 근단공으로 잔사가 정출되었다.
2. 근관의 치경부를 미리 확대하지 않은 대조군이 미리 확대를 시행한 실험군보다 근단공으로 잔사가 많이 정출되었다 ($p < 0.05$).
3. 실험군간의 비교시 근관 확대에 사용된 기구에 따라 근

단공으로 정출된 잔사의 양은 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

이상의 결과로 보아 근관 치료시 근단부를 확대하기 전에 미리 근관의 치경부를 확대하는 방법이 근단공을 통한 잔사의 정출을 줄일 수 있어 근관 치료시 매우 필수적인 과정이라고 생각된다.

참고문헌

1. Becker GL, Cohen S, Borer R, Calif SF. The sequelae of accidentally injecting sodium hypochlorite beyond the root apex. *J Endod* 38:633 638, 1974.
2. Brown DC, Keith Moore B, Brown CE, Newton CW. An in vitro study of apical extrusion of sodium hypochlorite during endodontic canal preparation. *J Endod* 21:587 591, 1995.
3. Gatot A, Arbelle J, Leiberman A, Yanai Inbar I. Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *J Endod* 17:573 574, 1991.
4. Marshall JG, Liesinger AW. Factors associated with endodontic posttreatment pain. *J Endod* 19: 573 575, 1993.
5. Naidorf IJ. Endodontic flare ups. Bacteriological and immunological mechanisms. *J Endod* 11:462 464, 1985.
6. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare ups in Endodontics. 1. etiological factors. *J Endod* 11:472 478, 1985.
7. Vande Visse JE, Brilliant JD. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod* 1:243 246, 1975.
8. Fukushima H, Yamamoto K, Hirohata K, Sagawa H, Leung K P, Walker CB. Localization and identification of root canal bacteria in clinically asymptomatic periapical pathosis. *J Endod* 16:534 538, 1990.
9. Abou Rass M, Jastrab RJ. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. *J Endod* 8:78 82, 1982.
10. Chapman CE, Collee JG, Beagrie GS. A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *J Br Endo Soc* 2:7 11, 1968.
11. Chapman CE. The correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *J Br Endo Soc* 5:76 80, 1971.
12. Martin H, Cunningham WT. The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. *Oral Surg* 53:611 613, 1982.
13. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, Bender IB. Biologic aspects of endodontics. Part III. periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Oral Surg* 26:534 546, 26:694 705, 1968.
14. Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod* 13:102 108, 1987.
15. Ruiz Hubbard EE, Gutmann JL, Wagner MJ. A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *J Endod* 13:554 558, 1987.
16. Ferraz CCR, Gomes NV, Gomes BPFA, Zaia AA, Teixeira FB, Souza Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 34:354 358, 2001.
17. Coffae KP, Brilliant JD. The effect of serial preparation versus nonserial preparation on tissue removal in the root canals of extracted mandibular human molars. *J Endod* 1:211 214, 1975
18. Goerig LAC, Michelich RJ, Schultz CHH. Instrumentation of root canals in molar using the step down technique. *J Endod* 8:550 554, 1982.
19. Leeb J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endod* 9:463 471, 1983.
20. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown down pressureless technique. *J Endod* 10:491 498, 1984.
21. Swindle RB, Neaverth EJ, Pantera EA, Ringle RD. Effect of coronal radicular flaring on apical transportation. *J Endod* 17:147 150, 1991.
22. Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp. 8th ed. 246 247.
23. Gambarini G. Shaping, cleaning the root canal system. A scanning electron microscopic evaluation of a new instrumentation and irrigation technique. *J Endod* 25:800 803, 1999.
24. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filling and canal master techniques. *J Endod* 17:275 279, 1991.
25. Hinrichs RE, Walker III WA, Schindler WG. A Comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece driven nickel titanium instrument systems. *J Endod* 24:102 106, 1998.
26. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J* 18:240 246, 1985.
27. Gerstein H. Techniques in clinical endodontics. Philadelphia : WB Saunders 324 331, 1983.
28. Montgomery S. Root canal wall thickness of mandibular molars after biomechanical preparation. *J Endod* 11:257 263, 1985.
29. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand two rotary instrumentation techniques. *J Endod* 24:180 183, 1998.
30. Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 taper series 29. *J Endod* 24:18 22, 1998.
31. Al Omari MAO, Dummer PMH. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *J Endod* 21:154 158, 1995.
32. Mckendry DJ. Comparison of balanced forces, endosonic, and step back filing instrumentation techniques: Quantification of extruded apical debris. *J Endod* 16:24 27, 1990.