

만곡근관에서 수종의 File을 이용한 근관형성시 만곡도 변화에 대한 비교 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

신주희 · 권오양 · 윤수한

Abstract

COMPARISON OF MAINTENANCE OF CANAL CURVATURE IN CURVED CANALS SHAPED WITH FOUR DIFFERENT FILE TYPES

Joo-Hee Shin, O-Yang Kwon, Soo-Han Yoon

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

Maintaining the original canal path during instrumentation is a challenge in narrow curved canals. This study compared the maintenance of the original canal path of curved root canals during instrumentation with two kinds of stainless steel K-files(Brassler USA & Mani Japan), K-flexofiles(Maillefer Swiss) and Ni-Ti files(Brassler USA, Savannah, GA) using circumferential filing technique to #40 MAF on 60 extracted human molars. Buccal and mesial canals with minimal initial curvature of 20 degrees were used. The maximal initial curvature was 41.5 degrees. Sixty curved canals divided into four groups according to file type(Group 1 : Ni-Ti file, Group 2 : K-flexofile, Group 3 : K-file(Brassler), Group 4 : K-file(Mani)). Radiographs of canals were obtained before and after canal shaping. And postoperative radiographs were compared with preoperative radiographs using superimposition method. Data analysis was performed using Covariance analysis and paired-comparison test.

The results observed were as follow ;

1. The angle of curvature was better maintained with Ni-Ti file than with stainless steel files. ($p < 0.01$)
2. There was no significant difference in maintaining canal curvature between K-flexofile, Brassler® K-file and Mani® K-file, although there was some differences in mean values

* 본 연구는 96년도 서울대학교병원 임상연구비 지원에 의한 결과임.

of postoperative canal curvature.

3. Paired-comparison t test revealed significant differences within each of the three stainless steel file types when comparing the mean differences before and after instrumentation, but no significant differences were observed within Ni-Ti file group.

I. 서 론

근관형성 과정은 근관세척과 더불어 치수조직의 완전한 제거와 적절한 충전을 가능하게 하는 근관치료의 중요한 단계라고 할 수 있으며,¹⁾ 불충분한 근관확대와 그로 인한 불완전한 근관 충전이 근관치료 실패의 주된 원인으로 보고된 바 있다.²⁾

근관형성에서는 전통적으로 수동식 file과 reamer, broach 등이 사용되어왔다. Schilder¹⁾는 원래 근관의 형태와 방향에 일치되는 완성된 근관을 형성해야 하는 원칙이 근관치료시에 가장 무시되기 쉬우며, 이러한 원칙을 무시함으로써 근첨부의 근관만곡도를 유지하지 못하는 것이 근관치료 실패의 가장 큰 요인이라고 언급하였다. 만곡된 근관에서 나타나는 문제를 해결하고 근관형성 동안에 원래의 근관형태를 유지하기 위한 여러 가지 시도가 있어왔다. Ingle³⁾ 등은 precurve 시킨 instrument의 사용을 추천하였고, Weine²⁾ 등은 instrument의 tip으로부터 몇 mm를 제거하여 "intermediate size"의 file을 만들어 사용하는 것도 한 방법이라 하였다. 또한 curved instrument의 바깥쪽의 날을 제거하여 사용하도록 제안하기도 하였다. 그러나 Weine²⁾은 file을 precurve 시킨 것이나 그렇지 않은 것이나 모두 만곡된 근관을 직선화시키는 경향이 있다고 보고하였으며 또한 근관형성 기구나 technique과는 무관하게 근관형성이 완료된 근관은 원래의 형태나 방향을 유지할 수 없다고 결론 지었다.⁴⁻⁷⁾ 한 때 만곡 근관이 가지는 문제점은 small diameter의 instrument의 사용으로 해결될 것 같았지만 연구결과 small preparation으로 인해 물리적이고 화학적인 세척작용을 감소시켜 잔사제거에 효과가 거의 없음이 밝혀졌다.

근관형성 과정은 상당히 시간이 많이 걸리며 지루한 과정일 수 있다. 그외에도 근관형성을 더욱 어렵게 만드는 요소들로는 치아의 길이, 근관만곡의 정도, 근관의 지름 등을 들 수 있다. 이에 따라 근관 형성 시간을 단축시키고, 그 과정을 단순화하며 술자의 피로를 줄이기 위해 엔진과 연결된 자동화된 기구가 개발되고 있다.⁸⁾

초기 기구는 Giromatic이었는데, 이 기구는 1분에 3000회를 1/4회전하는 편평한 날을 가지는 reciprocating handpiece 였다. Frank⁹⁾는 그의 실험에서 Giromatic을 평가한 후 제조자와 판매자의 많은 주장들이 과장된 것임을 밝혔다. Dynatrak file은 McSpadden이 개발한, Uni-file을 변형시켜서 만든 최초의 reciprocating handpiece용 기구로 noncutting pilot tip과 변형된 helical pitch angle을 가지므로 사용할 때에 기구가 binding되는 것을 막을 수 있었다.³⁾ 그러나 K-file과 K-flex file을 Dynatrak file과 비교한 Hill과 del Rio¹⁰⁾의 실험에서 삭제력에는 유의할만한 차이가 없음이 밝혀졌다. 수동식 기구와 자동식 기구를 비교한 이전의 연구들은 premature canal blockage나 tactile sensation의 소실, 불충분한 잔사제거와 근관의 직선화, 근관형성 기구의 파절 등의 문제가 자동식 기구에서 더 많이 보인다고 보고하였다.^{11,12)} 따라서 아직까지는 만곡된 근관에서 근첨까지 도달할 수 있는 engine-driven rotary instrumentation system은 드문 것으로 보고되어있다.

만곡된 근관에서 rotary instrument를 사용할 때 생길 수 있는 문제점은 수동식 기구나, 음파 또는 초음파 기구를 사용할 때와 마찬가지로, 상아질에 ledge가 형성되거나, 근관측벽의 stripping, 치주인대강으로의 천공, 근첨공 부위의 zipping과 기구파절 등을 들 수 있다.⁵⁾ 이들

문제점은 수동식 기구에서보다 engine-driven device에서 더욱 흔한 것으로 보고되어 있어¹³⁾, 성공적인 근관폐쇄가 더 어려워져서, 만족된 근관의 근첨부에서의 rotary instrument의 사용이 제한되고 있다.

1988년 Walia 등에 의해 Nitinol 즉, 탄성율이 상당히 낮은 nickel titanium alloy로 근관형성용 file을 제작하는 기술적 진보를 이루게 되었다. #15 Ni-Ti file은 같은 크기의 stainless steel file보다 bending과 torsion에서 탄성적 유연성 (elastic flexibility)이 두배에서 세배에 이르며 또한 torsional fracture에의 저항성이 훨씬 우수한 것으로 나타나있다.¹⁶⁾ 근관치료용 file의 유연성(flexibility)는 중요한 특성으로 유연한 file일수록 만곡근관에서 근첨부까지 더 잘 도달하는 경향이 있으며, 만곡근관을 직선화 시키거나 zipping, ledge의 형성이나 천공 등을 유발할 가능성은 더 적은 것으로 나타났다.²⁾

Ni-Ti file이 기존의 file과 비교되는 design의 특징은 noncutting tip을 가지면서 eccentric이라서 근관형성과정 동안에 기구 전체의 날을 따라 balanced cutting force를 가능하게 하므로 근관의 변이가 없다는 것이다. 또한 이런 원리가 수동식, 자동식 기구 모두에서 가능하다고 되어있다.

Ni-Ti file이 소개된 이후 외국에서는 여타 file들과 비교한 연구들이 행하여지고 있으나, 국내에서는 아직 연구보고가 없는 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 stainless steel K-file (Brassler USA & Mani Japan)과 K-flexofile (Maillefer Swiss) 그리고 최근에 소개된 바 있는 Ni-Ti hand file(Brassler USA, Savannah, GA)을 이용하여 circumferential filing시 만곡근관에서의 근관만곡도 변화를 비교 관찰하여 만곡근관에서 file의 선택시에 지침이 되고자 하는 것이다.

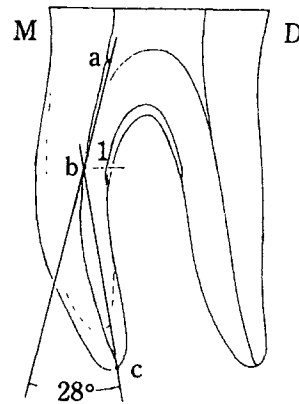
II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료의 선택

완성된 근첨을 가지면서 발거된 지 3개월 이내의 상하악 대구치에 근관외동을 형성하여 근심협착 근관 중 #10 K-file은 근단공을 통과하고 #15 K-file은 통과하지 않는 치근을 선별한 후 Schneider 방법¹⁷⁾에 따라 슬전의 근관만곡도가 20°~40°가 되는 치근 60개를 선택하여 실험에 사용하였다.

선택된 치아는 3.5% NaOCl 용액에 5시간을 두어 치근막이 제거되게 하고 수동식 큐렛으로 치석을 제거한 후 생리적 식염수에 보관하였다.

근관형성에 이용된 file은 Ni-Ti K-file(Brassler USA, Savannah, GA), stainless steel K-flexofile(Maillefer Swiss)와 2 종류의 stainless steel K-files((Brassler USA) 및 (Mani Japan) 등 이었다.



Point a to b : Long axis of root canal from point of canal deviation to long axis.

Point c : Apical foramen. Angle is measured internal angle at the intersection of line a-b and a-c

그림 1. Diagrams illustrating method of angle measurement.

2. 실험방법

1) 시편제작

선별된 치아의 치관부 교두정을 제거한 뒤 방사선 사진에 치근이 중첩되는 것을 방지하기 위하여 선택된 상하악 대구치의 근심 및 협측 치근을 제외한 치근은 제거하였다. 모든 치아에서 #10 K-file의 침단을 근단공으로부터 확인하고 이로부터 1mm 감소시켜 근관장 길이로 설정한 뒤, 20×15×15mm³ 주형에 acrylic resin을 부어 치근이 매식된 resin block을 제작하였다. 방사선 사진 촬영시 술전과 술후에의 치아위치를 일정하게 재생할 수 있도록 하기 위하여 X-ray 관구를 고정시킬 수 있는 장치¹⁰⁾를 제작하여 방사선 사진을 촬영하였다.

2) 근관형성

File의 종류에 따라 치아를 무작위로 각각 15개씩 4군으로 나눈 후, 제 1군은 Ni-Ti file(NT)로, 제 2군은 K-flexofil(KF), 제 3군은 K-file(Brassler)(K(Bras)) 그리고 제 4군은 Mani사에서 제조한 K-file(K(Man))을 이용하여 근관형성을 시행하였다.

각 군에 이용된 file의 #15를 근관장까지 삽입한 후 방사선 사진을 촬영하여 현상한 후 이를 술전 방사선 사진으로 하였다. 이후 표준화된 file을 이용하여 초기 file이 근관에서 느슨해질 때까지 file을 근관에서 제거하지 않고 circumferential filing방법에 의해 계속 근관확대 하였으며, Ni-Ti file을 제외한 모든 종류의 K-file은 근관만곡도와 유사하게 precurve시켜 사용하였고, 다음단계의 file로 넘어가기 전에

#15 file로 recapitulation시행하였으며, 각각 3ml의 3.5% NaOCl로 세척하였다.

위와 같은 방법으로 #40 file이 근관장까지 도달하도록 근관형성한 후 방사선 사진을 촬영하여 이를 술후 방사선사진으로 하였다.

모든 근관형성 과정은 한 사람의 술자가 시행하였으며, 술자의 피로도가 실험에 미치는 영향을 배제하기 위하여 한 번에 6개 까지만 근관형성 하였다. 또한 file은 2치아 이상 사용하지 않았고 근관으로부터 제거하였을 때 file의 flute가 변형되었거나 부러진 것은 더 이상 사용하지 않았다.

3) 방사선 사진의 계측 및 통계처리

동일한 조건으로 촬영한 사진을 자동현상기(D r-Dental D-7120[®], Bietigheim Co., Germany)를 이용하여 현상하고 현상된 방사선 사진을 10배로 확대시켜주는 magnifier에 투과시킨 후 투사지에 tracing하여 Schneider 방법에 따라 근관만곡도를 계측한 후 술전과 술후의 각도차이를 측정하였다. 각 군간의 만곡도 변화를 비교 분석하기 위해 공변량분석법(Covariance analysis)을 사용하였고 근관형성 전후의 만곡도 변화에 대한 통계적 유의성을 알아보기 위하여 Paired-comparison t test를 이용하였다.

III. 실험 결과

각 실험군의 술전 만곡도 및 술후 만곡도 그리고 그 두 각도의 차이 및 각 군의 평균값 등이 표 2에 나와있다. 실험에 사용된 치아의

표 1. 각 군의 평균값

	Group 1			Group 2			Group 3			Group 4		
	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D
mean	28.68	25.91	2.71	28.93	20.1	8.83	29.4	18.76	10.63	29.3	17.8	11.5

I (Initial curvature) : 술전 근관 만곡도

F (Final curvature) : 술후 근관 만곡도

D (Difference) : 술전 만곡도의 술후 만곡도 간의 차이

Group 1 : NT file

Group 2 : KF file

Group 3 : K(Bras) file

Group 4 : K(Man) file

표 2. 실험에 사용된 모든 치아의 술전만곡도와 술후만곡도, 그리고 그 차이값 및 평균값, 표준편차

Tooth No.	Group 1			Group 2			Group 3			Group 4		
	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D
1	41.5	38	3.5	31	21	10	21	14	7	27	17	10
2	23	21	2	20	15	5	32	15	17	37	20	17
3	26	23	3	36.5	24	12.5	31	20	11	25	14	11
4	36	32	4	23.5	17	6.5	30	20	10	32	19	13
5	24	20	4	29.5	20	9.5	38	22	16	38.5	22	16.5
6	22	22	0	38	23	15	35	19	16	23	13	10
7	21	21	0	22	16	6	40	20	20	27	19	8
8	27	21	6	37.5	22	15.5	23	18.5	4.5	30	19.5	10.5
9	23.2	22	1.2	35.5	22	13.5	21	16	5	38	21	17
10	40	37	3	27	20	7	27	19	8	21	13	8
11	35	30	5	32	25	7	32	21	11	35	20.5	14.5
12	32	28	4	26	20	6	25	19	6	30	19	11
13	25	23.5	1.5	28	21	7	22	17	5	31	19	12
14	30	28	2	25	19	6	37	22	15	25	17	8
15	24.5	23	1.5	22.5	16.5	6	27	19	8	20	14	6
mean	28.68	25.96	2.71	28.93	20.1	8.83	29.4	18.76	10.63	29.3	17.8	11.5
SD	6.695			5.961			6.322			6.037		

표 3. 공변량 분석법에 의해 교정된 전체 변량 분석표

변량원	교정자승화	자유도	교정변량추정치	F
SSb'	742.9	3	247.63	21.953
SSw'	631.66	56	11.28	

($p < 0.01$)

표 4. Group 1과 Group 2간의 공변량 분석표

변량원	교정자승화	자유도	교정변량추정치	F
SSb'	295.561	1	295.561	43
SSw'	191.562	28	6.84	

($p < 0.01$)

표 5. 각 Group의 치근 만곡도의 분포

	20°~25°	26°~30°	31°~35°	36°~40°
Group 1	7	3	2	4
Group 2	5	4	2	4
Group 3	5	3	4	3
Group 4	5	4	3	3

술전 최대 근관 만곡은 41.5°였고 최소 만곡은 20°였다. 이 실험에서 사용된 결과 분석법은, 근간 분석에는 공변량 분석법(Covariance analysis) 그리고 한 근관의 분석은 Paired-comparison t test로 이를 통해 다음의 사실을 확인할 수 있었다. 즉, 공변량 분석을 통해 1.File의 종류를 달리하면 근관만곡도에 영향을 주게 된다. 2.NT file군(제 1군)은 stainless steel file군(제 2, 3, 4군)과 비교해서 통계적으로 유의할 만한 차이가 있었다. ($p < 0.01$) 3. Stainless steel file 군들 간에는 통계적으로 유의할 만한 차이가 없었다. 또한 Paired-comparison t test를 통해서, 제 1군인 NT file 군은 술전(I)과 술후(F)의 근관만곡도의 변화가 없는 것으로 나타났으며, 제 2, 3, 4군인 Stainless steel file군에서는 술전(I)과 술후(F)에서 유의수준 0.05이내에서 통계적 차이를 보임을 알 수 있었다.

제 2, 3, 4군에서는 근관 만곡도가 증가할 수록 술전과 술후의 만곡도 차이(D)가 심한 것으로 나타났다.

IV. 총괄 및 고찰

본 실험 결과 circumferential filing시에 NT file이 KF file이나 cutting tip을 가지는 K-file들보다 근관의 만곡을 가장 잘 유지하는 것으로 나타났으며, 나머지 stainless steel K-file 사이에서는 약간의 평균 각도의 차이는 보였으나, 통계적 유의성은 없었다. 이러한 실험 결과는 Bou Dagher¹⁹⁾나 Esposito²⁰⁾등과 일치하는 것이다.

이 실험에서는 근첨단 부위를 #40 file까지 확대형성하였다. 보통의 경우 상하악 대구치의 협측 근관이나 근심측 근관에서는 #25~#40까지 확대 형성하는 것으로 알려져 있지만, Southard²¹⁾ 등에 의하면 작고 만곡이 된 구치부 근관에서의 근첨부를 25번이나 30번까지만 확대하는 것은 근첨부 잔사제거에 부족한 것으로 보고하고 있다. 또 Roane²²⁾과 Baumgartner²³⁾ 등도 거의 모든 근관에서 MAF는 최소 45번까지 확대할 것을 권장하고 있다. 1958년 Green²⁴⁾에

의하면 apex로부터 1mm 떨어진 위치의 canal diameter는 220~300 μ m로 이는 ISO #25와 #30 file의 D-1 dimension과 거의 같다고 하였다. 따라서 Grossman이 제시한 근관형성의 원칙중 original canal diameter보다 3단계 큰 file을 MAF로 정해도 apical preparation의 size는 #40에서 #45가 되게 된다.

본 실험에서 사용한 NT file은 #40까지 확대형성하여도 약간의 근첨부 변이만이 관찰되었을 뿐, 근관장의 감소나 천공 또는 ledge, zipping등이 관찰되지 않았다. Stainless steel file에서는 근첨부 변이와 근관장 감소 등이 관찰되었다. 특히 제 3군의 K(Bras) file과 제 4군의 K(Man) file에서는 천공이 각각 1 case와 2 case가 방사선 사진 촬영시 나타났다. El Deeb²⁵⁾등은 canal zipping의 빈도는 file의 size가 커짐에 따라 증가한다고 보고한 바 있다. Southard²¹⁾ 등에 의하면 cutting tip을 가지는 K-file의 경우에서도 MAF #25까지는 근관의 만곡이 96% 까지도 유지된다고 하였고 Esposito²⁰⁾도 그의 실험에서 #30까지는 NT file과 Stainless steel K-file과의 차이에서 통계적 유의성은 없음을 보고하였다.

근관의 만곡도를 유지하면서 좀 더 효율적으로 삭제가 가능한 file에 대한 연구가 여러 연구가들에 의해서 이루어지고 있어서 non-cutting tip을 가지는 Flex R file에 주목하고 있는 추세이나, 이 실험에서는 근관만곡도에 초점을 맞추어 진행하여 circumferential filing 시 변형된 tip을 가지는 nickel titanium 재질의 file이 만곡된 근관에서 근첨까지 더 잘 도달하며 근관형성 후에도 근관의 만곡도를 더 잘 유지하는 것으로 나타났다. 반면 Stainless steel K-type의 file은 근관의 초기 형태를 변형시키는 것으로 나타났다. 그러나 효율성(efficiency)면에서 본다면 NT file은 Flex-R file이나 Stainless steel file들보다 떨어지는 것으로 보고되었다.²⁶⁾

1987년 Southard²¹⁾는 그의 실험 model에 이용한 구치부 치근을 협설 및 근원 만곡에 따라 나누었는데, 두 방향 모두 unidirectional한 것이 37.6%였고 한 방향이라도 S-curve된 것이 62.4%로 더 많았고, 그중에서도 근원방향이

unidirectional하고 협설방향이 S-curve를 가진 것이 42.3%로 가장 많았다고 보고하였다. 이러한 Data가 의미하는 문제는 임상적으로 호발하는 협설의 S-curve는 X-ray사진상에는 나타나지 않는다는 것이다. 또한 일반적으로 사용하는 precurve technique이 얼마나 효과적인지 있는가 하는 것인데, 이에대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

본 실험은 실험 design상, 협설 방향의 만곡을 무시한 점과, in vitro 실험이었으므로 in vivo상에서의 치아의 경사에 따른 근관와동의 방향과, 근관에의 접근 상태를 고려할 수 없었던 점, 또한 받거된 치아를 사용했으므로 치질의 정도에 있어서의 차이를 극복할 수 없었던 점 등의 한계가 있으며 또한 전통적으로 사용되었던 방사선 사진촬영을 통한 그 확대상을 계측한 것 등, 방법적으로 미숙한 점이 인정된다. Curvature외에도 canal의 radius와 40에서 72 사이의 넓은 범위를 갖는 상아질의 Knoop hardness등도 본 실험의 결과에 영향을 미쳤으리라 사료된다. 앞으로는 computer화한 software의 사용과 표준화된 NT rotary instrument의 개발을 통해 좀 더 쉽고도 빠르게 만곡근관을 형성할 수 있게 연구가 되고 또한 만곡 정도가 더 심한 근관에서의 실험 data가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

Ni-Ti file(Brassler)과 Stainless steel로 된 K-flexofile(Maillefer) 그리고 두 종류의 K-file (Brassler & Mani)을 circumferential filing으로 #40까지 근관형성한 후 근관만곡도 변화를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ni-Ti file군이 Stainless steel file군들보다 근관만곡도를 더 잘 유지하였다. ($p < 0.01$)
2. K-flexofile과 Brassler® K-file 그리고 Mani® K-file의 술후 근관만곡도의 평균값에는 다소 차이가 있었으나 통계적 유의성은 없었다.
3. Ni-Ti file군은 술전과 술후의 근관만곡도에 변화가 없는 것으로 나타났으며 Stainless

steel file군에서는 술전과 술후의 근관만곡도가 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였다.

참고문헌

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974 ; 18 : 269-96
2. Weine F. Endodontic therapy. St. Louis : CV Mosby, 1989 : 277
3. Ingle JI, Taintor JF : Endodontics. 3rd Edition Philadelphia, Lea & Febiger, 1985, p26-37
4. Weine F, Kelly R, Lio P. The effect of preparation procedures on the original canal shape and on apical foramen shape. J Endodon 1975 ; 1 : 255-62
5. Abou-Rass M, Frank A, Glick D. The anti-curvature filing method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc 1980 ; 101 : 792-4
6. Goreig A, Michelich R, Schultz H. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. J Endodon 1982 ; 8 : 550-4
7. Roane J, Sabala C, Duncanson M. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. J Endodon 1985 ; 11 : 203-11
8. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. Endod Dent Traumatol 1985 ; 1 : 69-76
9. Frank A. An evaluation of the Giromatic endodontic handpiece. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1967 ; 24 : 419-21
10. Hill R, del Rio C. A histological comparison of the canal wall planing ability of two new endodontic files. J Endodon 1976 ; 2 : 298-303
11. Campos JM, del Rio CE. Comparison of

- mechanical and standard hand instrumentation techniques in curved root canals. *J Endodon* 1990 ; 16 : 230-4
12. Hulsmann M, Stryga F. Comparison of root canal preparation using different automated devices and hand instrumentation. *J Endodon* 1993 ; 19 : 141-5
 13. Weine F, Kelly R, Bray K. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endodon* 1976 ; 2 : 298
 14. O'Connell D, Brayton S. Evaluation of root canal preparations with two automatic endodontic handpieces. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975 ; 39 : 298-303
 15. Walia H, Brentley W, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endodon* 1988 ; 14 : 346-50
 16. Mullaney TP. Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin North Am* 1979 ; 23 : 575-92
 17. Schneider SW : A comparison of canal preparation in straight and curved root canals *J Oral Surg* 1971 ; 32 : 271-5
 18. Blitzkow SG, Batista A, Loureiro de Melo L. The radiographic platform : a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *J Endodon* 1991 ; 17 : 570-2
 19. Fadia E, Bou Dagher, Ghassan M. Yared. Comparison of Three files to prepare curved root canals. *J Endodon* 1995 ; 21 : 264-265
 20. Peter T. Esposito, Charles J. Cunningham. A comparison of canal preparation with Nickel-Titanium and Stainless steel instruments. *J Endodon* 1995 ; 21 : 173-176
 21. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endodon* 1987 ; 13 : 479-89
 22. Roane JB. Principles of preparation using the balanced force technique. in : Hardin JF, ed. *Clark's clinical dentistry*. Vol.1. Philadelphia, PA. : J.B.Lippincott Co., 1991 : 1-38
 23. Baumgartner JC, Martin H, Sabala CL, Strittmatter EJ, Wildey WL, Quigley NC. Histomorphologic comparison of canals prepared by four techniques. *J Endodon* 1992 ; 17 : 530-4
 24. Green EN. Microscopic investigation of root canal diameter. *J Am Dent Assoc*. 1958 ; 57 : 636-44
 25. El Deeb M, Boraas J. The effect of deffereent files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J* 1985 ; 18 : 1-7
 26. Joachim Tepel, Edgar Schafed, Wolfgang Hoppe. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 1. Cutting Efficiency. *J Endodon* 1995 ; 21 : 418-421