

Precurved Endosonic K-file에 의한 근관확대율 및 만곡도 변화에 대한 연구

전남대학교 치과대학
허혜경 · 오원만 · 양규호

Abstract

COMPARATIVE STUDY ON PERCENTAGE OF CANAL ENLARGEMENT AND CANAL ANGULATION CHANGE BY PRECURVED ENDOSONIC K-FILE

Heuy-Keung Hur, D. D. S., Won-Mann Oh, D. D. S., M. S. D.,
Kyu-Ho Yang, D. D. S., M. S. D., P. H. D.

College of Dentistry, Chonnam National University

The purpose of this study was to evaluate canal shaping ability and canal angulation change of K-file, straight endosonic K-file and precurved endosonic K-file.

Twenty straight canals and thirty curved canals were selected and divided into five groups according to canals curvature and canal instrumentation method. U1 group was prepared by straight endosonic K-file and H1 group by K-file in straight canals. U2 group was instrumented by straight endosonic K-file, U3 group by precurved endosonic K-file and H2 group by precurved K-file in curved canals.

Radiographs of canals were obtained before and after canal shaping. And postoperative radiographs were compared with preoperative radiographs using superimposition method.

The results obtained were as follows :

1. In straight canals, K-file group demonstrated larger percentage of canal enlargement than endosonic K-file group on facial view, but reverse results exhibit on mesial view.
 2. In curved canals, precurved K-file group showed largest percentage of canal enlargement, followed by precurved endosonic K-file group and straight endosonic K-file group was smallest.
 3. Percentage of canal enlargement at convex side was greater than at concave side in apical portion of each group. Especially in straight endosonic K-file group, percentage of canal enlargement at convex side and concave side showed sharply difference.
 4. In angulation change, the straight endosonic K-file group exhibited the greatest its change, followed by precurved endosonic K-file group and precurved K-file group was the least.
- Above results suggest that K-file is more effective endodontic instrument than endosonic K-file, and that precurved file is effective for canal shaping in curved canal.

I. 서 론

근관형성은 치수조직의 완전한 제거와 적절한 충전을 가능하게 하므로 근관치료에서 중요한 단계이며^{1,2)}, 근관치료시 실패의 주된 원인은 불충분한 근관확대와 불완전한 근관충전에 의해 야기된다고 보고되었다³⁾. 이상적인 근관확대를 위해서는 효과적인 근관 확대기구를 선택하여 근관의 원래 형태와 만곡도를 유지해 주는 것이 중요하다.

근래 수동식 기구인 file에 의해 형성된 것보다 더 깨끗한 근관을 형성하고 기구조작 시간을 단축시키는 초음파 기구가 도입되고 있다. 초음파 기구를 이용한 근관형성의 장점은 기구 조작 시간의 감소, 우수한 근관세척 효과, 미생물의 살균, 술후 동통의 감소 등이 있다^{4~11)}. 적절한 강도의 초음파는 액체 배지상에서 공동화(cavitation) 현상과 와류(microstreaming) 현상을 발생시키며, 수력(acoustic energy)의 흡수로 열을 생성한다. 공동화 현상은 액체 내에 공간을 형성하고 이 공간이 수축되면서 강한 수력을 일으키는데, 이때 발생되는 수력이 근관 세척과 살균작용을 돋고 근단공 밖으로 잔사가 밀려나는 것을 방지하여 술후 불편감을 감소시킨다¹²⁾. 또한 진동하는 file 주위에 소용돌이 형태로 매우 빠른 유속이 지속적으로 형성되는 와류현상도 file 주변에 높은 수력을 나타내어 우수한 세정효과를 보이게 된다^{13, 14)}.

근관치료시 초음파의 이용은 1957년 Richman¹⁵⁾에 의해 처음 기술된 이래 초음파 기구를 이용한 근관치료에 대한 많은 연구보고가 있었다^{4~9, 16~22)}. 직선근관 뿐만 아니라 만곡근관 내에서 초음파 기구를 이용한 연구에서, Chennail과 Teplisky^{21, 22)}는 초음파 기구로 만곡근관을 확대한 다음 총 실험근관 중 5.95%의 근관 만이 직선화됨을 발견하였으나 주사전자현미경적 연구에서는 초음파 기구가 수동식 기구보다 효과적이지 못함을 관찰하였다. Ehrlich 등²³⁾은 수동식 K-file과 초음파 기구로 만곡근관을 확대한 연구에서 두기구의 상아질 삭제 강도에 무관하게 만곡도가 변함을 발견하였다. 한편

Tronstad 등²⁵⁾은 모형근관 실험에서 수동식 K-file과 초음파 기구 모두 만곡도를 유지시킬 수 있다고 하였고, 초음파 기구에 의한 근관 확대가 수동식 기구를 이용한 경우와 별다른 차이가 없어 초음파 기구가 만곡근관을 형성하는데 효과적이며 안전하다고 보고되었다^{26~28)}.

Walmsley와 Williams²⁹⁾는 만곡근관에서 file에 의한 압박(constraint)은 근관확대 전에 근관의 치관부와 중앙부 상아질 삭제를 통해 file의 첨단이 좀더 자유롭게 진동하도록 함으로써 최소화 될 수 있다고 하였다. 또한 진동형태에서 효과가 확실히 알려져 있지는 않으나 만곡된 근관에서의 압박 문제를 해결하기 위한 방법으로 Lumley와 Walmsley³⁰⁾는 precurved endosonic K-file의 사용을 주장하였다.

이상과 같이 수동식 K-file과 초음파 기구를 이용한 만곡근관과 직선근관의 확대에 대한 연구가 있었으나 의견이 서로 상이하여 어떤 기구가 우수한지 확실히 구명할 필요가 있다. 또한 만곡근관에서 endosonic K-file을 precurve시켰을 때 근관 만곡도 변화량의 straight endosonic K-file이나 K-file에 비해 어떠한 차이가 있는지 아직 확실히 밝혀져 있지 않다.

저자는 수동식 K-file과 endosonic K-file의 근관확대율을 비교하고 만곡근관에서 precurved endosonic K-file이 근관확대와 근관의 만곡도 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

발거된지 3개월 이내의 대구치 근심협측 근관 중 #10 file은 치근단공을 통과하고, #15 file은 통과되지 않는 치근만을 실험재료로 선택하였다. 만곡근관 중에서 Fig. 1과 같이 Schneider 방법³¹⁾을 이용하여 술전 근관만곡도가 20~30°인 치근만을 선별하여 실험에 사용하였다.

수동식 근관형성시에는 K-type File(Mani®, Matsutani Seisakusho Co., Japan)을 사용하였

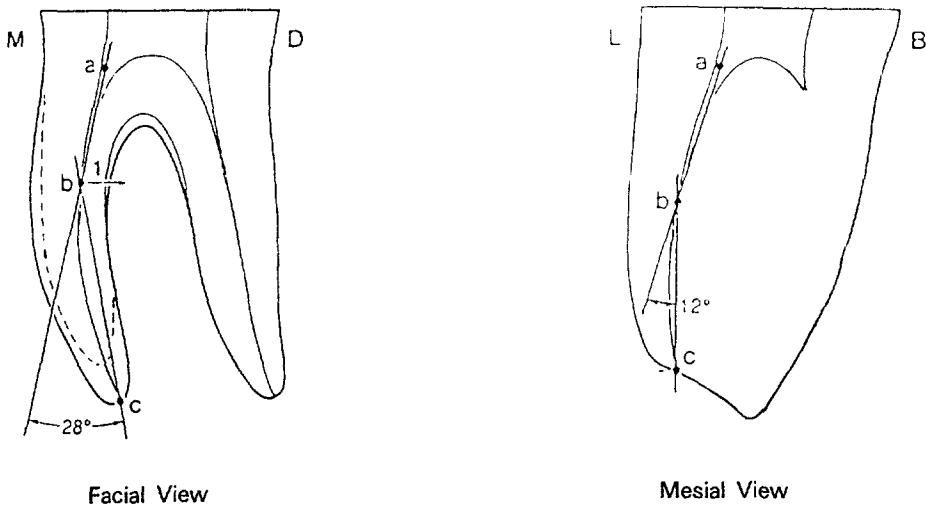


Fig. 1. Diagrams illustrating method of angle measurement.

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 b-c.

B : Buccal, L : Lingual, M : Mesial, D : Distal.

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

Group	Canal curvature	Canal instrumentation methods
U1	Straight canal	Ultrasound instrumentation with straight endosonic K-file
H1	Straight canal	Hand instrumentation with straight K-file
U2	Curved canal	Ultrasound instrumentation with straight endosonic K-file
U3	Curved canal	Ultrasound instrumentation with precurved endosonic K-file
H2	Curved canal	Hand instrumentation with precurved K-file

고, 초음파 기구로는 Supprasson SP®(Satelec™, Sanofi Co., France)를 이용하였다.

2. 실험 방법

하악 대구치의 치근과 상악 대구치의 근심협축 치근 중에서 20개의 직선근관과 30개의 만곡근관을 선택하여 근관의 만곡여부와 근관 확대기구의 종류에 따라 5군으로 분류하였다 (Table 1).

1) 시편 제작

치아를 백악법랑 경계를 따라 획절단한 뒤

치근이 중첩되는 것을 방지하기 위하여 하악 구치는 원심치근과 근심치근을 나누었고, 상악구치는 구개축 치근을 제거하고 근심협축 치근과 원심협축 치근을 분리하였다. 이중 하악구치의 근심치근과 상악구치의 근심협축 치근만을 선택하였다. 모든 치아의 작업장 길이는 #10 file 첨단을 근단공에서 확인하고 1mm씩 감소시켜 결정한 뒤, 8×8×15mm 주형에 acrylic resin을 부어 치근이 매식된 resin block을 제작하였다. 이때 치근첨이 원쪽으로 만곡된 상태일 때의 block면을 협면으로 그리고 만곡된 근첨이 향하는 면을 원심면으로 정하였다.

2) 방사선 촬영

치아를 일정한 위치로 다시 재생할 수 있도록 하기 위하여 X-선 관구를 고정시킬 수 있는 장치를 제작하여 방사선 사진을 촬영하였다. X-선 관구의 입구를 경석고(Crystal Rock®, Maruishi Co., Japan)를 사용하여 인상을 채득한 후 필름을 위한 홈을 경석고 인상 위에 형성하였다. 또한 치아나 필름이 이동되는 것을 방지하기 위해 필름상에 시편의 위치를 표시해두고, 투명 테이프로 표시된 위치에 고정한 후 방사선촬영을 시행하였다.

치근이 매식된 시편을 필름에 고정하고 필름을 흠에 위치 시킨 뒤 필름의 1/2을 필름팩 내의 납판으로 덮었다. 그후 X-선 관구를 초경석고의 흠에 고정시키고 60kVp, 10mA, 1/25초 동안 노출시켜 술전 방사선 사진을 얻었다. 이때 방사선 사진은 치근의 협설축 사진상을 facial view로, 치근의 근원심 사진상을 mesial view로 하여 두장씩 각각 촬영하였다.

3) 근관형성

Resin block에 매식된 치근의 치수조직을 barbed broach로 제거한 뒤 5.25% NaOCl 용액에 5분간 담구어 놓아 잔존 치수조직을 제거하였다. 각기 10개의 치아로 구성된 5개의 군에서 다음과 같이 서로 다른 방법으로 근관형성을 시행하였다.

A. 직선근관의 형성

H1군에서는 근단공까지 들어간 #15 file보다 3단계 큰 크기의 file까지 근관을 확대한 뒤 step-back을 시행하였다.

Supprasson SP®를 사용한 U1군은 제조회사의 지시에 따라 먼저 #15 endosonic K-file이 저항감 없이 작업장 길이까지 들어가도록 #15 K-file을 이용하여 확대하였다. 처음 10초 동안 #15 endosonic K-file을 근관에 넣고 진동하는 file이 근관벽을 향해 힘을 가하도록 한 뒤 작업장 길이 내에서 약 30초 동안 rasping motion을 사용하였다. #25 K-file이 작업장 길이 까지 들어가는지 확인한 뒤 #25 endosonic K-file을 작업장 길이까지 넣고 근관벽에 힘을 가

하면서 0.5~1.0mm 정도 상하로 움직여 근관을 확대하였다. 60초 후 근관을 완전히 세척하기 위하여 물을 공급하면서 진동을 수초간 유지하였다. 근관형성이 완료된 후 모든 근관을 paper point로 건조시켰다.

B. 만곡근관의 형성

Precurved K-file을 이용한 H2군에서 근관 형성은 치근의 협설축 만곡도와 근원심 만곡도를 알아보기 위해 초기 file을 치아에서 조심스럽게 제거하고, 이 초기 file이 근관에서 느슨해질 때까지 file을 근관에서 제거하지 않고 계속 근관을 확대하였다. #15 K-file이 작업장 길이까지 들어가면서 file 첨단을 켈리씨 지혈 겹자로 잡고 근관 만곡도와 비슷하게 precurve시켰다. 초기 근단공 file보다 3단계 큰 file까지 확대한 뒤 step-back 형성을 시행하였다.

Endosonic K-file 사용군에서는 직선근관에서와 비슷하게 제조회사의 지시대로 근관의 만곡도에 따라 K-file을 이용하여 근관을 확대한 뒤 #15 endosonic K-file이 저항감 없이 작업장 길이까지 들어가도록 하였다. 이때 U2군에서는 straight endosonic K-file을 사용하였고, U3군에서는 근관의 만곡도에 따라 endosonic K-file을 precurve시켜 근관을 형성하였다. 그후에는 직선근관에서의 초음파 기구 사용법과 동일한 방법으로 근관을 형성하였다.

4) 술후 방사선 촬영과 계측

술후 방사선 사진은 술전과 동일한 조건으로 촬영하였고, 모든 방사선 사진은 자동현상기 (Du'r-Dental D-7120®, Bietigheim Co., Germany)를 이용하여 현상하였다. 현상된 방사선 사진을 20배로 확대시켜주는 magnifier에 투과시킨 후 투사지 상에 tracing하여 근관형성 전후의 근관상을 중첩 비교하였다.

투사지 상에서 술전, 술후 근관의 폭경을 계측하여 근관확대율을 얻었고, 근단공으로부터 근관의 전장을 따라 1.5mm 간격으로 각 측정치를 얻었으며, 이때 폭경은 근관벽에 직각이 되게 측정하였다.

만곡근관에서는 만곡근관 내측과 외측의 근관확대율을 구하기 위해 술전 방사선 사진에 가상의 중앙선을 그어 이 중앙선으로부터 거리를 계측하고 이 측정치를 확대율로 환산하였다. 또한 술후 근관 만곡도 변화량을 알아보기 위해 술전과 술후 방사선 사진상에서 근관 만곡도 변화량을 측정하였다.

5) 통계처리

각 군간의 근관확대율 비교를 위해 paired t-test를 사용하였고 전체 근관확대율은 이원 변형분석법으로 유의함을 검증하였다. 근관의 만곡도 변화 비교에는 Duncan's multiple test를 시행하였다.

III. 실험성적

1. 직선근관에서 근관확대율의 비교

직선근관에서의 근관확대율은 Table 2와 같다. Facial view에서는 U1군이 H1군보다 0.5 mm 부위에서 더 큰 근관확대율을 나타내었으나 유의한 차이는 없었으며, 1.5~10.5mm 구간에서 H1군의 확대율이 크게 나타났고 1.5mm와 7.5mm 부위에서 유의하게 커졌다($p<0.05$). Mesial view에서는 두 실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으나 6.0mm 부위를 제외한 전 구간에서 U1군의 확대율이 크게 나타났다.

2. 만곡근관에서 근관확대율의 비교

Facial과 mesial view에서 근관확대율은 Table 3과 같다. Facial view의 전 구간에서 U2군보다 U3군과 H2군이 큰 확대율을 보였으며, 1.5 mm와 6.0mm 부위에서는 유의하게 확대율이 커졌다($p<0.05$, Table 3, 4). 그러나 1.5mm 부위와 7.5~10.5mm 구간에서 U3군의 확대율이 더 크게 나타났고 나머지 구간에서는 H2군이 더 큰 확대율을 보였으나 유의성은 없었다.

Mesial view에서는 H2군에 비하여 U2군과 U3군 모두 근첨부의 확대율이 더 크게 나타났으며($p<0.05$), 특히 U2군에서 큰 확대율을 보였으나 U2군과 U3군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 1.5mm, 4.5mm 그리고 6.0mm 부위에서 H2군에 대해 U2군의 확대율이 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), H2군에 대해 U3군의 근관확대율이 3.0mm 부위에서 매우 크게 나타났다($p<0.01$, Table 3, 5). 전 구간에 걸쳐 H2군의 근관확대율이 U2군과 U3군보다 크게 나타났다.

3. 전체 근관확대율의 비교

전체 근관확대율의 평균치는 Fig. 2와 같다. 근관확대율은 facial view에서는 U1군과 H1군 사이에 유의한 차이를 보였으며($p<0.05$), mesial view에서는 H2군에 대해 U2군과 U3군 모두 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

Table 2. Percentage of canal enlargement in straight canal

Level (mm)	Facial View		Mesial View	
	U1	H1	U1	H1
0.5	107±80.7	93.1±94.9	128.7±96.7	129.7±119.2
1.5	63.8±43.0*	155.7±71.7*	184.8±162.5	104.9±57.7
3.0	65.0±39.0	136.7±77.8	131.1±88.3	59.2±27.4
4.5	86.6±57.9	115.8±55.0	64.4±28.4	56.8±27.0
6.0	62.2±26.2	127.7±68.7	62.7±38.9	64.7±37.9
7.5	61.2±23.7*	122.2±52.8*	108.9±78.4	87.5±39.6
9.0	94.9±42.3	161.4±84.2	116.3±83.1	71.5±31.4
10.5	100.1±57.8	158.8±92.7	93.9±49.9	84.3±38.6

(Mean±S. D.)

* : $p<0.05$

Table 3. Percentage of canal enlargement in curved canal

Level (mm)	Facial View			Mesial View		
	U2	U3	H2	U2	U3	H2
0.5	136.8±73.8	190.1±141.6	423.1±382.6	265.2±232.6	103.2±75.9	214.8±111.0
1.5	98.9±40.1	200.9±127.4	185.6±78.3	83.4±68.4	142.9±88.5	189.5±81.8
3.0	129.0±73.1	143.2±64.9	189.3±90.1	114.7±122.9	71.9±30.0	172.4±52.7
4.5	107.6±77.4	132.1±54.3	203.2±69.2	54.5±52.0	137.7±108.8	191.8±118.5
6.0	76.7±32.4	176.9±156.2	228.9±102.3	46.7±36.1	132.8±125.4	156.6±89.8
7.5	68.0±37.9	198.2±152.2	154.0±83.2	60.9±52.6	70.6±37.8	168.9±64.4
9.0	70.4±33.9	141.4±127.5	109.6±107.0	84.8±89.7	94.2±78.0	138.0±66.4
10.5	103.6±20.9	136.4±107.0	107.8±77.1	124.7±146.5	92.2±85.2	155.1±66.5

(Mean±S. D.)

Table 4. P-values of t-test for percentage of canal enlargement in facial view.

Level (mm)	U2 - U3	U2 - H2	U3 - H2
0.5	0.561	0.214	0.188
1.5	0.045*	0.017*	0.787
3.0	0.735	0.213	0.292
4.5	0.624	0.073	0.061
6.0	0.009**	0.006**	0.522
7.5	0.086	0.054	0.565
9.0	0.254	0.443	0.669
10.5	0.549	0.906	0.639

* : p<0.05, ** : p<0.01

Table 5. P-values of t-test for percentage of canal enlargement in mesial view.

Level (mm)	U2 - U3	U2 - H2	U3 - H2
0.5	0.134	0.035*	0.026*
1.5	0.257	0.021	0.246
3.0	0.513	0.401	0.001**
4.5	0.094	0.042*	0.436
6.0	0.169	0.044*	0.742
7.5	0.714	0.067	0.080
9.0	0.863	0.302	0.316
10.5	0.714	0.722	0.177

* : p<0.05, ** : p<0.01

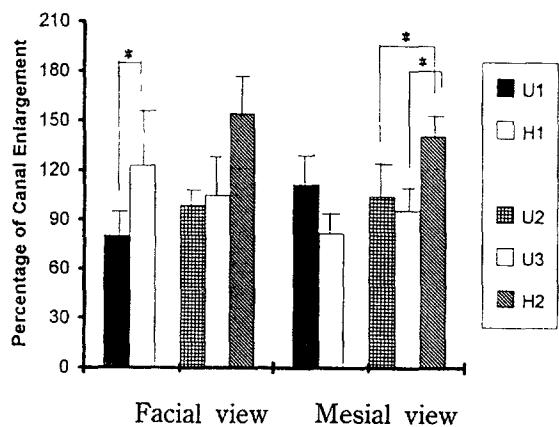


Fig. 2. Percentage of canal enlargement.

* : Statistically significant by two way ANOVA with repeated measurement (p<0.05)

4. 만곡근관에서 근관만곡의 내외측 확대율의 비교

Facial view에서 각 실험군을 비교한 결과, U2군에서 만곡근관의 내외측 확대율 사이에 유의한 차이를 나타내는데 0.5mm와 1.5mm 부위에서는 만곡의 외측이 내측보다 크게 확대되었으나, 9.0mm와 10.5mm 부위에서는 만곡의 내측이 외측보다 크게 확대되었다(p<0.05). H2군에서는 치경부 근처인 9.0mm 부위에서 만곡의 외측 확대율이 내측보다 크게 나타났다(p<0.05). U3군과 H2군에서는 만곡의

Table 6. Percentage of canal enlargement in the convex and concave side of curved canal in facial view

Level (mm)	U2		U3		H2	
	Concave	Convex	Concave	Convex	Concave	Convex
0.5	49.0± 33.5*	226.8± 225.0*	90.2± 51.2	233.6± 206.9	69.5± 22.1	89.0± 41.6
1.5	50.3± 23.8*	142.6± 113.4*	143.7± 138.2	260.6± 181.8	181.1± 100.4	190.3± 107.2
3.0	115.5± 94.0*	150.3± 111.4*	142.7± 140.8	136.9± 89.2	234.3± 153.0	144.4± 97.4
4.5	116.2± 111.8*	98.9± 41.8*	98.6± 74.1	163.2± 145.7	252.6± 141.7	153.9± 78.4
6.0	86.8± 59.6*	66.5± 39.1*	197.2± 105.6	175.2± 158.3	194.7± 103.8	263.0± 239.1
7.5	105.5± 79.9*	8.6± 20.8*	226.6± 181.8	212.8± 197.6	107.5± 77.7	202.3± 177.0
9.0	118.0± 66.4**	27.2± 20.4**	133.3± 118.8	158.1± 154.9	77.9± 31.4*	161.0± 141.3*
10.5	169.0± 51.1*	38.1± 21.4**	147.4± 96.1	179.7± 170.6	81.9± 68.8	143.2± 120.2

(Mean± S. D.)

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

Table 7. Percentage of canal enlargement in the convex and concave side of curved canal in mesial view

Level (mm)	U2		U3		H2	
	Concave	Convex	Concave	Convex	Concave	Convex
0.5	91.8± 67.4	122.1± 101.2	117.0± 100.2	127.5± 106.1	92.4± 73.5	96.3± 59.1
1.5	65.6± 54.2*	164.5± 105.8*	145.6± 131.8	150.2± 140.5	187.9± 135.6	190.7± 135.6
3.0	289.4± 224.4	552.4± 306.1	95.3± 87.1	52.5± 29.5	210.0± 94.2	136.0± 88.2
4.5	90.1± 30.1	37.6± 29.0	173.2± 170.8	174.3± 102.1	220.2± 210.9	164.3± 147.1
6.0	49.6± 23.5	43.7± 41.6	158.0± 100.3	164.8± 145.4	170.1± 167.4	148.8± 136.6
7.5	74.0± 55.3	74.8± 66.5	52.2± 44.0	88.9± 86.4	165.3± 117.3	172.2± 115.4
9.0	95.0± 71.0	98.7± 72.9	132.3± 105.6	89.5± 82.9	152.6± 107.9	116.6± 101.9
10.5	242.6± 114.2	260.8± 135.2	141.3± 100.5	91.9± 84.0	172.2± 99.3	137.6± 95.5

(Mean± S. D.)

* : $p < 0.05$

외측 확대율이 내측보다 크게 나타났으나 유의한 차이는 없었다(Table 6).

Mesial view에서는 U2군에서 1.5mm 부위에서 만곡의 외측 확대율이 내측 확대율 보다 유의하게 커졌다($p < 0.05$), 그외의 모든 실험군에서는 내외측 확대율 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 7).

5. 근관 만곡도 변화량의 측정비교

Table 8은 각 실험군의 만곡도 변화량을 나타낸 것으로 U2군에서는 facial view에서 5.39± 3.21도, mesial view에서 6.67± 3.73도로 가장 큰 변화를 나타냈고 U3군에서는 facial view에서 2.80± 1.20도, mesial view에서 2.95± 1.55도였고 H2군에서는 facial view에서 2.25± 0.86도, mesial view에서 2.40± 0.96도로 가장 작은 변화를 보였다.

Table 8. Angulation change of curved canal

Group	Facial View		Mesial View	
	Mean \pm S.D.	Range(°)	Mean \pm S.D.	Range(°)
U2	5.39 \pm 3.21*	1.0 \pm 15.0	6.67 \pm 3.73*	2.0 \pm 14.0
U3	2.80 \pm 1.20	0.5 \pm 4.5	2.95 \pm 1.55	0.5 \pm 6.0
H2	2.25 \pm 0.86	1.0 \pm 4.5	2.40 \pm 0.96	1.0 \pm 7.0

* : $p < 0.05$

S. D. : standard deviation

V. 총괄 및 고찰

근관치료시에 초음파 기구가 수동식 기구보다 더 효율적이며 만곡근관에서도 그 효과가 탁월하여 안전하게 사용할 수 있다는 주장이 제기되었다^{4~11)}. 그러나 비록 상아질 삭제 능력이 증가된다 할지라도 불규칙한 근관벽을 형성하거나 근관의 원래형태를 변화시킨다면 이러한 삭제능력은 바람직하지 못 하다고 할 수 있다.

Pedicord 등²²⁾은 수동식 기구와 초음파 기구 사용후 근관의 형태와 근관형성에 소요되는 시간을 비교한 결과 초음파 기구는 치근의 치관부와 중앙부 1/3에서 불규칙한 근관을 형성하고 수동식 기구보다 더 많은 시간이 소요되며, 수동식 기구나 초음파 기구 모두 근단공을 범위시킨다고 보고하였다. Reynolds 등³³⁾은 수동식 기구가 EndoStar 5, Cavi-Endo와 같은 초음파 기구보다 더 효과적으로 상아질을 삭제할 수 있다고 하였다. 반면에, Chenail과 Teplitsky²¹⁾는 초음파 기구를 이용한 근관형성이 근관을 직선화하지 않는다고 주장하였으며, Weller 등²⁶⁾은 초음파 기구의 사용이 시간이나 효능면에서 더 적절하다고 하였고 Stamos 등³⁴⁾은 초음파 기구와 수동식 기구를 이용한 근관형성 후 근관의 크기와 형태에서 그 차이를 발견하지 못하였다고 하여 초음파 기구의 효율성에 대한 견해에 차이를 보이고 있다.

본 연구에서는 직선근관과 만곡근관을 수동식 K-file과 endosonic K-file을 이용하여 성형한 다음 어떤 기구가 더 큰 근관 확대율을 보이는지 비교하였다. 본 연구결과에서는 모든 실험군

에서 일정한 근관확대가 이루어지지 않았으며, 직선근관에서는 K-file과 endosonic K-file 사용시 모두 근단부 0.5mm 부위에서의 확대율이 그 상방부위인 치경부보다 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 Briggs 등³⁵⁾에 의한 연구와 일치하는 것으로 file이 치경부에서 보다 근단부에서 더 큰 변위량을 가져 상아질 삭제율이 크기 때문인 것으로 사료된다. 또한 facial view에서는 수동식 기구가 더 큰 확대율을 보였으나 mesial view에서는 초음파 기구가 더 큰 확대율을 보여 수동식 기구와 초음파 기구 사이의 전체 확대율에는 차이가 없는 것으로 생각된다.

20~40KHz의 주파수를 갖는 초음파 기구는 횡으로 진동하는 endosonic file을 이용하여 근관을 확대하여 진동시 file의 변위가 없는 node와 가장 큰 file의 변위를 보이는 antinode의 연속을 보이고, endosonic file의 첨단이 압박되지 않는다면 antinode인 file 첨단에서 가장 큰 변위가 발생한다. Endosonic file을 직선근관에 사용할 때 근단부에 대해 기구가 90°를 이루므로 충분한 에너지가 반사(reflection)되어 endosonic file의 첨단 부위에서 초기에는 진동(oscillation)이 사라지게 된다. 그 후 endosonic file의 자유로운 진동이 이루어져 치경부보다 근단부에서 치질 삭제가 커지게 된다³⁶⁾. 그러나 만곡된 근관에서는 endosonic file이 근관벽과 접촉되는 동안 file의 진동양식에 변화가 오게된다. 즉 driver가 수직 방향으로 진동할때 driver에 70°로 부착된 endosonic file은 횡으로 활성되고, 이러한 진동에 의해

하중이 file에 가해지게 되면 file 첨단과 치근의 중앙부 1/3에 무리한 영향을 주기 쉬우므로 근관확대가 비효율적일 수 있다. 더욱이 무리한 영향이 적용되는 부위에서 진동이 다시 변하게 되어 근첨부에서의 진동이 일시적으로 정지될 수도 있다³⁶⁾.

본 실험에서는 직선근관이나 만곡근관 모두 수동식 기구에 의한 근관확대율이 초음파 기구를 이용한 경우 보다 크게 나타나, 수동식 기구가 초음파 기구 보다 상아질 삭제능력이 더 우수하다는 Reynold^{등33)}의 결과와 일치하였으나 초음파 기구의 상아질 삭제율이 더 우수하다는 Weller^{등37)} 및 Kielt와 Montgomery³⁸⁾의 결과와는 상반되었다.

만곡된 근관내에서의 file의 압박에 대한 접근법으로 수동식 기구인 K-file을 근관의 만곡도에 따라 precurve시켜 사용하는 것이 일반적이다. Lumley와 Walmsley³⁹⁾는 precurved endosonic file과 straight endosonic file의 진동 양식 사이에 중요한 차이가 없음을 보고하였다. Ahmad^{등40)}은 초음파 기구가 획으로 endosonic file을 진동시킬 때 공기중에서 전장을 따라 node와 antinode의 연속을 보이고 압박되지 않은 file 첨단이 가장 큰 변위를 나타냄을 발견하였다. 반면, Walmsley와 Williams²⁹⁾는 다양한 길이와 두께의 Cavi-Endo endosonic K-file이 25 KHz로 진동시 file 첨단이 다양한 변위를 보임을 보고하여 endosonic file의 pre-curving은 file의 진동양식에 영향을 미치지 않으며 만곡된 근관에서 precurved K-file 사용과 관계된 많은 장점을 가질 수 있음을 추정할 수 있다고 하였다.

본 연구결과에서는 만곡근관의 경우 전체 삭제량의 비교에서 precurved endosonic K-file의 근관확대율이 facial과 mesial view 모두에서 straight endosonic K-file로 확대한 근관 보다 크게 나타났다. 이러한 결과는 근관내에서 기구조작 시간이 일정하지 않았고 시편으로 사용된 치근의 만곡도 및 근관폭경이 각 치아마다 다양하였던 점이 원인이었을 것으로 추정된다. 그러므로 만곡도가 일정하고 근관폭경이 일정한 모형근관을 제작하여 실험에 사

용하는 것이 실험오차를 줄일 수 있는 방법으로 생각된다. 또한 straight endosonic K-file 사용시에 ledge나 치근단공의 이동을 일으켜 더 큰 근관 만곡도의 변화를 보였는데 이것은 근관의 내측과 외측의 확대율 비교에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. Straight endosonic K-file 사용군에서 근단부의 근관 외측의 확대율이 내측에 비해 매우 커 zip 형성이 있음을 추측할 수 있었으며, 근첨부에서는 precurved endosonic K-file이나 수동식 K-file을 이용한 근관 모두 만곡의 내측보다는 외측의 확대율이 더 크게 나타나 어떤 기구를 사용하든지 근관내에 약간의 zip 형성이 있었을 것으로 여겨진다. 이것은 긴장(strain)이 발생한 금속은 어느 정도의 기억(memory)을 가지고 있으므로 만곡된 근관내에 file이 위치되면 곧게 펴지려는 힘을 나타기 때문에 초래된 결과로 생각된다.

50개의 근관확대 동안 straight endosonic K-file을 이용한 군에서 1개의 # 25 endosonic K-file이 파절되었는데, file의 파절은 충분한 근관 치경부의 확대없이 만곡 근관에서 무리하게 사용하여 피로(fatigue)를 받았기 때문으로 추측된다. Endosonic file은 근관내에서 힘을 가하거나 쪘기(wedge) 모양을 형성하지 않으므로 근관내에서 파절된 경우라도 상아질내에 박히지 않아 제거가 가능한 것으로 보고되고 있으나⁴¹⁾ 본 실험에서는 제거가 어려워 file이 파절된 시편을 실험결과에서 배제하였다.

본 연구의 결과로 미루어 straight endosonic K-file보다는 precurved endosonic K-file이 만곡시킨 수동식 기구와 같이 근관의 균일한 삭제와 원래 근관 만곡도의 유지에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 file의 precurve와 무관하게 여전히 수동식 기구가 초음파 기구보다 더 효율적인 것으로 느껴졌다. 이러한 결과는 실험에 사용하였던 치아의 근관 만곡도가 동일하지 않았고, 기구 사용시간이 일정하게 정해질 수 없었기 때문으로 생각된다. 본 실험에서와 같이 발치된 치아에서의 실험과는 달리는 임상에서는 많은 변수가 있어 실험방법이나 시술자에 따라 연구결과가 다양하게 나타날 것으로 생각되므로 이러한 결과를 임상에

응용하기 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 만곡근관과 직선근관을 수동식 K-file과 endosonic K-file를 이용하여 성형한 다음 근관의 확대량과 만곡근관에서 straight endosonic K-file을 사용했을 때와 precurve시켰을 때 근관 만곡도 변화량을 비교 연구하고자 시행되었다.

직선근관과 만곡근관에서의 확대율을 평가하기 위해 상악과 하악 구치의 근심협측 치근을 선택하여 20개의 직선근관과 20~30°의 만곡도를 갖는 30개의 만곡근관을 K-file과 endosonic K-file을 이용하여 근관 형성하였다.

술전과 술후 방사선 사진을 촬영하여 확대량을 측정, 확대율로 환산하였다. 근단부로부터 1.5mm 간격으로 확대율을 산출하여 각 부위에서의 차를 비교하였으며 만곡근관에서는 만곡의 내측, 외측 확대율과 만곡도의 변화량을 측정하여 통계학적으로 분석하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 직선근관에서 근관확대율은 facial view에서는 K-file 사용군이, mesial view에서는 endosonic K-file 사용군이 더 컸으나 통계학적 유의성은 없었다.
2. 만곡근관에서 근관확대율은 precurved K-File 사용군에서 가장 컼고, precurved endosonic K-file 사용군, straight endosonic K-file 사용군의 순으로 나타났다.
3. 만곡근관의 근단부에서는 만곡의 내측보다 외측에서 큰 근관확대율을 보였으며, 특히 straight endosonic K-file 사용군에서 내외측 확대율 사이에 큰 차이가 나타났다.
4. 만곡근관의 만곡도의 변화량은 straight endosonic K-file 사용군에서 가장 컼고 precurved endosonic K-file 사용군, precurved K-file 사용군 순으로 나타났다.

이상의 결과는 수동식 기구가 초음파 기구에 비해 우수하고, 만곡근관에서 precurved file이 근관형성에 효과적임을 시사하였다.

참고문헌

1. Weine FS : Endodontic therapy. 4th Ed., St. Louis, Mosby Co., 1989, p277.
2. Weine FS : Endodontic therapy. 4th Ed., ST. Louis, Mosby Co., 1989, p303.
3. Ingle JI, Taintor JF : Endodontics. 3rd Edi. Philadelphia, Lea & Febiger, 1985, p26-37.
4. Martin H : Ultrasonic disinfection of root canal. J Oral Surg 42 : 92-99, 1976.
5. Martin H, Cunningham WT, Norris JP : Ultrasonic versus hand filing of dentin : A quantitative study. J Oral Surg 49 : 79-81, 1980.
6. Martin H, Cunningham WT, Norris JP : A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type file to remove dentin. J Oral Surg 50 : 566-568, 1980.
7. Cunningham WT, Martin H, Forrest WR : Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. J Oral Surg 53 : 401-404, 1982.
8. Cunningham WT, Martin H : A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. J Oral Surg 53 : 527-531, 1982.
9. Martin H, Cunningham WT : The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. J Oral Surg 53 : 611-613, 1982.
10. Cameron JA : The use of ultrasound in the cleaning of root canals : A clinical report. J Endod 8 : 472-474, 1982.
11. Martin H, Cunningham WT : Endosonics-the ultrasonic synergistic system of endodontics. Endod Dent Traumatol 1 : 201-206, 1985.
12. Stock CJR : Current status of the use of ultrasound in endodontics. Int Dent J 41 : 175-182, 1991.

13. Ahmad M, Pitt Ford TR : Ultrasonic debridement of root canals : An insight into the mechanisms involved. *J Endod* 13 : 93 – 101, 1987.
14. Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W : An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a stepback/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 11 : 249 – 256, 1985.
15. Richman MJ : The use of ultrasonic in root canal therapy and root resection. *J Dent Med* 12 : 12 – 18, 1957.
16. Walker TL, del Rio CE : Histological evaluation of ultrasonic debridement comparing sodium hypochlorite and water. *J Endod* 17 : 66 – 71, 1991.
17. Cunningham W, Joseph S : Effect of temperature on bacteriocidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *J Oral Surg* 50 : 569 – 571, 1980.
18. Cunningham WT, Martin H, Pelleu GB : A comparison of antimicrobial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy. *J Oral Surg* 54 : 238 – 241, 1982.
19. Martin H, Cunningham WT : An evaluation of postoperative pain incidence following endosonic and conventional root canal therapy. *J Oral Surg* 54 : 74 – 76, 1982.
20. Cameron JA : The use of ultrasonics in the removal of the smear layer a scanning electron microscope study. *J Endod* 9 : 289 – 292, 1983.
21. Chenail BL, Teplitsky PE : Endosonics in curved root canals. *J Endod* 11 : 369 – 374, 1985.
22. Chenail BL, Teplitsky PE : Endosonics in curved root canals. Part II. *J Endod* 14 : 214 – 217, 1988.
23. Ehrlich AD, Boyer TJ, Hicks ML, Pelleu GB : Effects of sonic instrumentation on the apical preparation of curved canals. *J Endod* 15 : 200 – 203, 1989.
24. Walsh CL, Messer HH, ElDeeb ME : The effect of varying the ultrasonic power setting on canal preparation. *J Endod* 16 : 273 – 278, 1990.
25. Tronstad L, Branett F, Schwartzben L, Frasca P : Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol* 4 : 69 – 76, 1985.
26. Weller RN, Brady JM, Bernier WE : Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 6 : 740 – 743, 1980.
27. Tauber R, Morse DR, Sinai JA : A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energizing filing. *J Endod* 9 : 269 – 274, 1983.
28. Cymermann JJ, Jerome LA, Moodnik RM : A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod* 9 : 327 – 331, 1983.
29. Walmsley AD, Williams AR : Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod* 15 : 189 – 194, 1989.
30. Lumley PJ, Walmsley AD : Effect of pre-curving on the performance of endosonic K files. *J Endod* 18 : 232 – 236, 1992.
31. Schneider SW : A comparison of canal preparation in straight and curved root canals. *J Oral Surg* 32 : 271 – 275, 1971.
32. Pedicord D, ElDeeb ME, Messer HH : Hand versus ultrasonic instrumentation : its effect on canal shape and instrumentation time. *J Endod* 12 : 375 – 381, 1986.
33. Reynolds MA, Madison S, Walton RE, Krell KV : An in vitro histological comparison of the step-back, sonic, and ultrasonic instrumentation techniques in small, curved root canals. *J Endod* 13 : 307 – 314, 1987.
34. Stamos DE, Sadeghi EM, Haasch GC : An

- in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod* 13 : 434–440, 1987.
35. Briggs PFA, Gulabivala K, Stock CJR, Setchell DJ : The dentin removing characteristics of an ultrasonically energised K-file. *Int Endod J* 22 : 259, 1989.
36. Murgel C, Walmsley AD, Walton RE : The efficacy of step-down procedures during endosonic instrumentation. *J Endod* 17 : 111–115, 1991.
37. Weller RN, Loushine RJ, Hartwell GR : Stereomicroscopic evaluation of canal shape following hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod* 15 : 417–421, 1989.
38. Kielt LW, Montgomery S : The effect of endosonic instrumentation in simulated curved root canals. *J Endod* 13 : 215–219, 1987.
39. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WR : Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J* 24 : 290–297, 1991.
40. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA : Ultrasonic debridement of root canals : Acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 13 : 490–493, 1987.
41. Ahmad M : An analysis of breakage of ultrasonic files during root canal instrumentation. *Endod Dent Traumatol* 5 : 78–82, 1989.

327