Continuous rotary system과 single file system의 만곡 근관 형태 유지능에 대한 비교 연구

전북대학교 치의학전문대학원 치과보존학 교실

박상희 · 김덕중 · 송용범 · 이혜윤 · 김형선 · 이광원 · 유미경*

성공적인 근관치료를 위하여 원래 근관 형태를 따르는 근관 성형 과정이 중요하다. 그러나 대부분의 근관은 만곡되어 있고, 근관 성형 기구는 직선의 금속을 기본으로 만들어지기 때문에 근관 성형 후 만곡 근관이 원래 근관 형태를 벗어나는 오류가 나타날 수 있다. 이런 오류들로 인하여 근관 치료가 실패할 수 있으므로 근관 성형 시 원래 만곡형태를 유지할 수 있는 다양한 기술과 방법들이 소개되고 있다. 본 연구의 목적은 만곡 근관 형태의 레진 모형을 이용하여 기구의 형태와 사용방법이 다른 세 가지 Ni-Ti 파일을 사용하여 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관에 대한 성형 후 형태 유지능을 비교하는 것이다. 직경과 경사도가 ISO 15, 0.02인 30개의 레진모형을 사용하였다. 그룹 1은 Profile을 이용하여 #20/.06까지 근관 성형하였고, 그룹 2는 Mtwo를 이용하여 #35/.04까지 근관 성형하였으며, 그룹 3은 PathFile을 이용하여 glide path를 만들어준 다음 WaveOne 파일 중 Primary을 사용하여 근관 성형하였다. 기구 사용 전과 후의 레진모형을 스캔하여 디지털 이미지로 만들었다. 각 이미지를 중첩시킨 다음 Matlab r2010b 소프트웨어를 이용하여 곡률반경의 비(CRr)를 계산하였다. 이를 바탕으로 Ni-Ti file 간 성형 후 형태 유지능을 비교하기 위하여 1-way ANOVA를 이용하여 세 그룹의 CRr의 차이에 대한 유의성 검정을 시행하였다.($P<.05$) 또한 continuous rotary system과 single file system간의 형태 유지능을 비교하기 위하여 independent t-test를 이용하였다.($P<.05$) 곡률반경의 비(CRr)를 이용하여 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관의 형태 유지능을 비교한 결과 Ni-Ti file 간에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다.($P<0.05$) ProFile과 WaveOne은 Mtwo에 비해서 만곡 근관에서의 형태 유지능이 우수하게 나타났다.Ni-Ti 기구 사용 방법에 따른 만곡 근관 형태 유지능을 비교한 결과 continuous rotary system과 single file system 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.($P>0.05$)

본 연구결과에 따르면, ProFile과 WaveOne은 Mtwo에 비하여 만곡 근관에서의 형태 유지능이 통계적으로 유의하게 높게 나타났으므로, ProFile과 WaveOne이 만곡근관에 대한 형태 유지능이 우수하다고 할 수 있다. 만곡근관에서의 형태 유지능에 있어서 continuous rotary system과 single file system은 만곡근관에서의 형태 유지능에 차이가 없다.

주요어: continuous rotary system, 곡률반경의 비, Mtwo, ProFile, single file system, WaveOne

(**구강회복응용과학지** 2012:28(4):371~383)

교신저자: **유미경**
전북대학교 치과대학 보존학 교실 및 전북대학교 임상의학연구소
561-756, 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14 대한민국,
Fax: +82-063-250-2129, E-mail: endo@Jbnu.ac.kr
원고접수일: 2012년 10월 03일, 원고수정일: 2012년 11월 27일, 원고채택일: 2012년 12월 25일

서 론

근관 성형은 근관 치료 과정에서 가장 중요한 과정 중 하나로 성공적인 근관 세척과 충전 결과에 영향을 미친다.[1] 근관 성형의 목적은 원래 근관 형태를 따라서 근관 입구부터 치근단 부위까지 균일하고 연속적인 깔때기 형태를 유지하는 것으로 근관 성형을 통해 괴사된 치수 조직, 박테리아와 그들의 부산물들을 근관으로부터 효과적으로 제거할 수 있다.[2,3] 그러나 대부분의 근관은 대체로 만곡 되어 있을 뿐만 아니라 근관 성형 기구는 직선의 금속을 기본으로 만들어지기 때문에 근관 성형 후에 만곡 근관이 직선화되거나, 원래 근관 형태를 벗어나는 변형이 나타날 수 있다. 근관 성형 시 발생할 수 있는 오류에는 근단부 변위, 근단부 천공, 기구의 파절, 근관장의 상실, ledging, zipping 등이 있으며, 이런 오류로 인하여 적절한 근관 충전이 이루어지지 않는다면 근관 치료가 실패할 수 있다.[4] 원래 근관의 형태를 따르는 적절한 근관 성형을 이루면서 근관 성형 시 발생할 수 있는 오류를 줄이기 위한 다양한 근관 치료 기구 및 근관 성형 방법들에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있다.

1990년 초부터 소개되어 온 Ni-Ti 기구들은 유연성과 피로파절에 대한 저항성이 우수하기 때문에 stainless steel 수동 기구에서 발생할 수 있는 근관 성형의 오류를 감소시킬 수 있으며, 보다 빠르게 근관을 성형할 수 있을 뿐 아니라 근관의 원래 형태를 유지하여 초기 근관장의 길이를 벗어나는 경향이 적다는 연구들이 보고되고 있다.[4-6] 그러나 Ni-Ti 기구가 stainless steel 수동 기구에 비해서는 원래 근관의 형태를 잘 유지할지라도 근관의 근단부의 외곽부위에서는 근단부 변위가 일어난다는 연구도 있고, 수동형 기구보다 더 쉽게 파절되는 경향이 있다는 연구도 있다.[3] 따라서 아직까지는 어떤 근관 성형 방법이나 기구의 형태가 임상적인 측면에서 더 우수한가에 대한 일치된 결론은 없으므로 Ni-Ti 파일의 형태에 따른 특성과 사용 방법을 고려하여 사용해야 한다.

ProFile(Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) 엔진 구동형 Ni-Ti 기구는 지난 15년 간 많은 임상가에 의해 가장 널리 사용된 Ni-Ti 파일로 인식되어 왔으며, 치료 시간을 절약할 수 있을 뿐 아니라 radial land를 가진 파일 중 근관 중심을 잘 유지하면서 근관 형성을 할 수 있기 때문에 예견된 수준의 치료가 가능하여 Ni-Ti 파일의 표준으로 인식되어 왔다.[7,8] 엔진 구동형 Ni-Ti 파일의 근관 성형 시 일반적으로 추천되는 crown down instrumentation으로 성형하도록 추천되며, 이는 큰 파일을 작은 파일 전에 사용하므로써 점진적으로 치근단을 향하는 방법이며, 이런 방법으로 근관을 성형하면 근관 내 마찰이 감소하여 기구 파절의 위험성을 최소화할 수 있다.[9]

반면 Mtwo(VDW, Munich, Germany) 엔진 구동형 Ni-Ti 기구는 S-형태의 횡단면 디자인과 두 개의 삭제날을 지니는 positive rake angle을 가지고 있어서 상아질 삭제가 더 효율적일 수 있도록 만들어졌다.[10] 제조사에서는 이 기구를 이용하여 근관 성형 시 single length technique을 추천하고 있으며, 이는 기구 조작 시 작은 파일부터 큰 파일에 이르는 모든 파일을 근관의 전 길이까지 사용하는 방법이다. 최근에는 ProFile이나 Mtwo와 같은 continuous rotation system은 비틀림이나 피로에 의한 기구 파절의 가능성이 크고, 만곡 근관을 변형시킬 수 있으며, 교차 감염의 위험이 있기 때문에 이런 단점을 극복하고자 reciprocating motion을 이용한 single file system이 소개되고 있다.[11,12] 현재 임상에서 사용되고 있는 single file system에는 Reciproc(VDW, Munich, Germany)와 WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)이 있다. 두 파일 모두 thermal treatment process로 만들어진 M-wire Ni-Ti alloy로 제작되었으며, 다른 Ni-Ti 파일보다 cyclic fatigue에 대한 저항성과 강도가 향상되었다는 보고가 있다.[13] 이 중 WaveOne은 reverse “balanced force” 방식으로 디자인되어 있으며, back and forth “reciprocal motion”으로 근관을 성형한다.[14-16] WaveOne은 3

가지 종류의 single-use 파일들로 구성된다. small(ISO 21 tip, 6% taper) 파일은 small canal에 사용하며, primary(ISO 25 tip, 8% taper) 파일은 대부분의 근관에서 사용가능하고, large(ISO 40, 8% taper) 파일은 넓은 근관에 사용하는 파일이다.[17]

본 연구의 목적은 만곡 근관 형태의 레진 모형을 이용하여 기구의 형태와 사용방법이 다른 세 가지 Ni-Ti 파일을 사용하여 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관에 대한 성형 후 형태 유지능을 비교하는 것이다.

연구재료 및 방법

1. 모형 근관 준비

본 연구에서는 직경과 경사도가 ISO standard size 15, 0.02이며, 평균 만곡도가 36°인 총 30개의 레진 모형(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였고 세 가지 Ni-Ti 파일의 종류에 따라 무작위로 그룹 당 10개의 레진 모형 샘플을 사용하였다.

우선 레진 모형의 근관 내 stainless steel #10 hand K-file의 파일 끝이 근단공 밖으로 나올 때까지 삽입한 다음 현미경(S5 Stand ophthalmic microscope,Carl Zeiss,Oberkochen, Germany)을 이용하여 파일을 서서히 후퇴시키면서 파일과 근단공이 일치하는 곳에서 1mm를 뺀 길이를 작업장으로 결정하였으며, 결정된 작업장의 길이는 평균적으로 15mm이었다.

근관 성형 전후 이미지를 중첩하기 위한 기준점을 만들기 위하여 #2 round bur를 이용하여 레진 모형에 4개의 기준점을 만들었다. 또한 레진 모형의 이미지 스캔을 할 때 근관 성형 전후의 이미지 스캔이 동일한 위치에서 시행될 수 있도록 퍼티를 이용하여 지그를 제작하였다.

투명한 레진 모형의 만곡 근관 형태를 명확하게 관찰하기 위하여 근관 내에 주사기를 이용하여 메틸렌 블루를 주입하였다. EPSON(Epson, Nagano, Japan)으로 스캔하여 근관 성형 전 이미지를 채득하고 .jpeg 형식으로 저장하였다.

2. 근관 성형

세 그룹에서 사용한 각 기구의 기구사용 방법과 순서는 표 1에 정리하였다. 그룹 1은 ProFile을 사용하여 성형한 그룹이다. 파일은 16:1 감속 핸드피스(300rpm, 5Ncm)가 장착된 구동형 엔진인 X-smart(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 이용하여 제조사의 지시에 따라 crown down 방법으로 성형하였다. 실험에 사용한 레진모형은 stainless steel #10 hand K-file이 작업장까지 무리 없이 들어가기 때문에 작은 근관으로 결정하고 제조사가 제시하고 있는 ProFile의 사용 방법 중 Small canal의 사용 순서에 따라 기구를 차례대로 사용하였다.[18]

그룹 2는 Mtwo을 사용하여 성형한 그룹이다. 파일은 16:1 감속 핸드피스(300rpm, 5Ncm)가 장착된 구동형 엔진인 X-smart를 사용하여 제조사의 지시에 따라 모든 파일을 근관장 길이까지 성형하였다. Ni-Ti 파일로 근관을 성형한 다음 적절한 근관충전을 위하여 일반적으로 .04 또는 .06 taper 파일로 성형을 마무리하는 임상적인 상황을 고려하여 Mtwo 파일의 근관성형은 #35/.04 파일로 마무리하였다.

그룹 3은 WaveOne(Dentsply Maillefer)을 사용하여 성형한 그룹이다. 파일은 6:1 contra-angle 핸드피스가 장착된 VDW Silver Reciproc Endo Motor(VDW GmbH, Munich Germany)를 사용하여 reciprocation mode에서 제조사의 지시에 따라 성형하였다. WaveOne의 성형 전 PathFile(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 이용하여 glide path를 만들어주는 것이 근관의 원래 형태를 유지할 수 있다는 이전 연구들을 근거로 본 실험에서도 성형 전 PathFile을 사용하여 glide path를 형성하였다.[19]

WaveOne을 제외하고 실험에 사용한 Ni-Ti 파일은 한 파일 당 5회까지만 사용하였고, WaveOne은 매번 새로운 파일을 사용하였다. 파일 사용 시

Table Ⅰ. Usage instructions for Ni-Ti files

그룹	1	2	3
기구	ProFile	Mtwo	WaveOne
사용 방법	crown down	shaping up	reciprocation
사용 순서			
1	O.S.3(.06/#40)	WLD(#10 K-file)	WLD(#10 K-file)
2	O.S.2(.06/#30)	.04/#10	PathFile #1
3	.06/#25	.05/#15	PathFile #2
4	.06/#20	.06/#20	PathFile #3
5	.04/#25	.06/#25	Primary(.08/#25)
6	WLD(#10 K-file)	.05/#30	
7	.04/#20	.04/#35	
8	.04/#25		
9	.06/#20		

마다 RC-Prep(Premiere, Stone Pharmaceuticals, Philadelphia, PA, USA)을 파일에 묻혀서 윤활제 역할을 하도록 하였고, 각각의 기구조작 후에는 잔사 제거를 위해 식염수를 사용하여 근관을 세척하였다. 기구 조작이 끝날 때마다 stainless steel #10 hand K-file을 사용하여 근단공 개방을 확인하였다.

3. 근관 성형 전후 이미지 평가

근관 성형을 마친 레진 모형 내 근관에 메틸렌 블루를 다시 주입한 다음 근관 성형전과 동일한 위치에 놓일 수 있도록 지그를 이용하여 스캔하여 근관 성형 후 이미지를 채득하였다.

근관 형태 유지능을 평가하는 위해서 Berutti E(2012)[19] 등이 실험한 근관 성형 전후의 호 반지름의 비를 이용한 방법을 참고하였으며, 이 방법은 Matlab R2010a(The MathWorks Inc, Natick, MA)을 사용하여 중첩한 이미지에서 곡률반경을 계산하고 이를 바탕으로 근관 성형 전후의 만곡도 변화를 확인하는 것이다.

먼저 Photoshop CS3(Adobe System Inc, San Jose California, USA)에서 근관 성형 전후 이미지를 지시점을 이용하여 중첩시킨 다음 근관이 만곡 되는 부위를 선택한다.(Fig. 1, 단계 1, B) 동일하게 선택된 근관 성형 전후의 이미지들을 분리한 뒤 근관의 내부는 흰색, 근관 외부는 검은색으로 이미지를 변경한 다음 이미지를 저장한다.(Fig. 1, 단계 2, D와 E) 저장한 이미지를 Matlab r2010a으로 불러온 다음 프로그램을 이용하여 자동적으로 각 이미지에서 근관의 평균 축을 계산한다.(Fig. 1, 단계 3, F와 G) 자동 프로그램을 통해 계산된 평균 축에 가장 잘 부합하는 접촉원을 찾고, 접촉원에 대한 곡률반경을 계산한다.(Fig. 1, 단계 4, H와 I) 계산한 근관성형 전후의 곡률반경을 이용하여 곡률반경의 비(CRr; curvature radius ratio)를 다음과 같은 공식에 의해 계산하며, 곡률반경의 비가 100에 가까울수록 근관성형 전후 만곡이 비슷한 것이므로 근관 형태가 유지되고 있다고 판단한다.

$$CRr = \frac{CRf}{CRi} \times 100$$

CRi(curvature radius of initial canal): 근관 성형 전 곡률반경

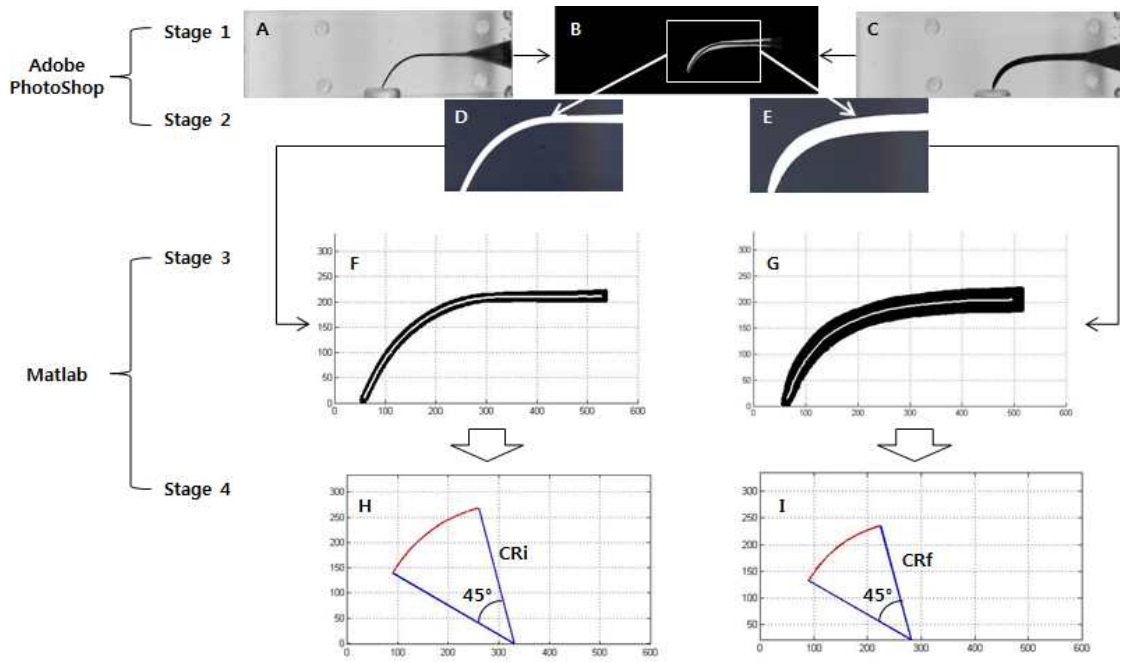

Fig. 1. The Schematic diagram to determine the CRr
A. An image of the curved, canal-shaped resin block before instrumentation, B. A superimposed image of A over C, C. An image of the curved, canal-shaped resin block after instrumentation, D. A magnified and cropped image from the curved area of B before instrumentation, E. A magnified and cropped image from the curved area of B after instrumentation, F. The white line representing the mean axis of the canal before instrumentation, G. The white line representing the mean axis of the canal after instrumentation, H. The arc corresponding to 45° that fits the mean axis of the canal before instrumentation, I. H. The arc corresponding to 45° that fits the mean axis of the canal after instrumentation

CRf(curvature radius of final canal): 근관 성형 후 곡률반경

4. 통계 분석

Microsoft Excel 2010(Microsoft, Seattle, WA, USA)를 이용하여 Matlab으로 계산한 자료를 정리하고 기술하였다. 통계용 컴퓨터 프로그램인 SPSS version 16.0(SPSS Inc, Chicago, IL)를 사용하여 세 그룹에서의 통계적 오류 비율을 95% 신뢰구간으로 모수 추정하였으며, 통계적 오류의 비율 차이를 95% 신뢰구간으로 추정하였다. 세 그룹의 CRr의 차이에 대한 유의성 검정을 위해 1-way ANOVA을 이용하여 유의수준 0.05에서 통계 검정하였으며, 그룹 간의 차이는 Tukey 사후검정을 이용하였다.

ProFile과 Mtwo를 포함하는 continuous rotary system과 WaveOne과 같은 single file system의 차

이에 대한 유의성 검증을 위해 independent t-test을 이용하여 유의수준 0.05에서 통계 검정하였다.

결 과

1. Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관 형태 유지능

곡률반경의 비(CRr)를 이용한 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관 형태 유지능에 대한 결과는 Table Ⅱ와 Table Ⅲ과 같다. Table Ⅱ는 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관 형태 유지능에 대한 기술통계량으로 ProFile, WaveOne, Mtwo 순으로 곡률반경의 비가 높은 것을 알 수 있다. Table Ⅲ은 Ni-Ti 파일 종류에 따른 만곡 근관 형태 유지능의 95% 신뢰구간, 1-way ANOVA와 Tukey 사후검증 결과이다. 1-way ANOVA를 하기 전 표본의 등분산성을 검정하기 위하여 Levene의 등분산 검정을 실시한 결과 집단 간 분산이 동일하게

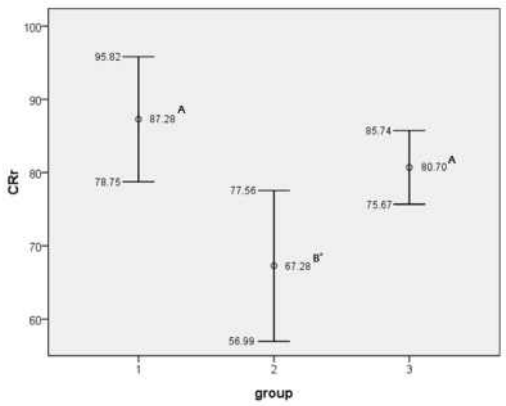

Fig. 2. Interval plots for the CRr parameter: 95% confidence intervals for the mean.
(1) Profile: Group 1,
(2) Mtwo: Group 2,
(3) WaveOne: Group 3
* : Different letters represent statistical significance

Table Ⅱ. Descriptive statistics of the ability of instruments to maintain original canal curvature depending on each Ni-Ti file

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
ProFile	10	87.28	11.94	3.77
Mtwo	10	67.28	14.37	4.55
WaveOne	10	80.70	7.04	2.23

Table Ⅲ. Discrepancies for the ability of instruments to maintain original canal curvature between Ni-Ti files

	95% Confidence interval	1-way ANOVA		Tukey*
		F	P	
ProFile	78.75-95.82	7.826	0.002	A
Mtwo	56.99-77.56			B
WaveOne	75.67-85.74			A

* Tukey: Different letters represent statistical significance

Table Ⅳ. Descriptive statistics of the ability of instruments to maintain original canal curvature depending on each Ni-Ti file system

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
continuous rotary system	20	77.28	16.45	3.68
single file system	10	80.70	7.04	2.23

나타났으므로(P>0.05), 1-way ANOVA를 실시하였으며, Table Ⅲ과 같이 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P=0.002). Tukey 사후검증을 사용한 결과 ProFile과 Mtwo(P=0.002), Mtwo와 WaveOne(P=0.038) 간 에는 통계적으로 유의한 차이가 있었지만, ProFile과 WaveOne의 곡률반경의 비간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Fig. 2와 같이 95% 신뢰구간에서 모수추정 시 ProFile의 곡률반경의 비가 가장 높은 수준에 위치하는 것을 볼 수 있다.

2. Ni-Ti 기구 사용 방법에 따른 만곡 근관 형태 유지능

ProFile과 Mtwo를 포함하는 continuous rotary system과 WaveOne과 같은 single file stsyem의 따른 만곡 근관 형태 유지능에 대한 결과는 Table Ⅳ와 같다. Table Ⅳ는 기구 사용 방법에 따른 만곡 근관 형태 유지능에 대한 기술통계량으로 continuous rotary system에 비해 single file system의 곡률반경의 비의 평균이 높은 것으로 나타났다. Levene의 등분산 검정을 실시한 결과 집단 간 분산이 동일하게 나타났으므로(P>0.05) independent t-test를 시행하였으나, 두 집단의 곡률반경의 비는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.(P>0.05)

고 찰

본 연구의 목적은 다른 성형 방법을 사용하는 세 가지 Ni-Ti 파일들의 만곡 근관에 대한 성형 후 형태 유지능을 비교하는 것이다. 이를 위하여 레진 모형을 사용하여 성형 전후 이미지의 곡률반경의 비를 이용하여 평가하였다.

레진 모형을 이용하여 실험하면 실제 치아와 표면 특성, 경도, 횡단면 등이 동일하지 않기 때문에 근관 내 기구 조작 후 결과를 임상적으로 적용하기에는 부족함이 존재한다.[20] 또한 레진 모형에서 rotary instrument을 사용하게 되면 열이 발생하여 레진 모형을 연화시키게 되어 기구 진행 시 간섭이 나타날 수도 있다.[21] 이러한 단점에도 불구하고 레진 모형을 사용하면 표준화된 근관 각도, 위치, 만곡지름, 근관의 넓이를 확인할 수 있을 뿐 아니라, 본 연구와 같이 근관 성형 전후의 이미지를 중첩시켜 변화를 확인하는 경우 근관의 특정 지점에서의 변화를 높은 재현성을 가지고 측정할 수 있고, 서로 다른 기구 간 성형 능력을 직접적으로 비교할 수 있다.[9,22] 그러나 레진 모형과 상아질 간에는 본질적인 차이가 존재하므로 레진 모형과 같은 인공 근관을 이용한 실험 결과를 실제 근관에 적용할 경우에는 많은 주의가 요구된다.

본 연구에서는 Ni-Ti 파일들의 성형 능력을 비교하기 위해서 서로 다른 구조적 특성을 가진 세 가지 Ni-Ti 파일을 사용하였다. 근관 성형 능력은 파일의 구조적인 특징에 따라 다르게 나타나기 때문에 실험에 사용한 Ni-Ti 파일 기구의 형태와 이로 인해 나타나는 특징을 살펴봐야 한다. 본 연구에서는 Ni-Ti 기구의 구조적 특성과 성형 방법에 따른 만곡 근관의 형태 유지능을 비교하기 위하여 ProFile과 Mtwo와 같은 continuous rotary system과 single file system인 WaveOne을 사용하

였다.

Ni-Ti 파일의 표준이라고 할 수 있는 ProFile은 엔진 구동형 Ni-Ti 파일에서 대부분 추천되고 있는 crown down instrumentation으로 근관을 성형한다. radial land 사이에 U형 홈이 존재하기 때문에 잔사 제거가 용이할 뿐만 아니라 단면적이 감소되어 유연성이 증가하였다. 단면적이 적고 non cutting tip이기 때문에 적은 압력으로 근관을 성형하므로 근관의 중심을 잘 유지한다. 또한 단면적의 감소로 인해 cyclic fatigue fracture에 대한 저항성이 증가한 반면 비틀림 저항에 약한 단점이 있다.[8] 이러한 장점과 단점을 고려한 여러 연구들에서 ProFile은 큰 오류 없이 근관을 성형한다고 보고하고 있으며, 본 연구 방법에서 사용한 기구 사용방법과 같이 .04와 .06 taper 기구를 번갈아서 사용하게 되면 더 효과적인 근관 성형이 가능하다고 알려져 있다.[23] 본 연구결과에서도 ProFile .04와 .06 taper 기구를 번갈아서 사용한 결과 Fig. 2와 같이 만곡 근관의 형태 유지능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

Mtwo는 기구 조작 시 작은 파일부터 큰 파일에 이르는 모든 파일을 근관의 전 길이로 사용하는 single length technique으로 근관을 성형한다. Mtwo는 progressive pitch를 가지고 있기 때문에 근관 내 진입속도가 감소되어 screw-in 효과는 줄이고 상아질의 삭제량은 증가하였다. 또한 단면은 두 개의 삭제날을 갖는 S형 단면으로 삼각형 단면을 기본으로 하는 다른 파일에 비해서 단면적은 감소하였고, 유연성은 증가하였다.[24,25]

WaveOne은 특별한 열처리를 통해 만들어진 M-wire을 이용하여 제작한 Ni-Ti 파일로 reciprocating motion으로 하나의 파일을 사용하여 근관 확대 및 성형을 하는 single-use, single-file system이다.[26] WaveOne 치관부 파일의 횡절단면은 ProTaper와 유사한 삼각형 단면을 가지고 있기 때문에 파일과 상아질 간의 접촉 면적이 감소되어 삭제 효율이 증가한다. WaveOne은 시계방향과 반시계방향 삭제가 가능하도록 제작되어 있지만, 시계방향과 반시계방향의 회전양(시계방향회전: 50도, 반시계방향회전: 170도)에는 차이가 있다.[27] 반시계방향으로 약 120도 가량 더 많이 회전하면서 기구가 근관내로 진입하고, 근관 내 상아질을 삭제하기 위해 상아질에 기구가 맞물리게 되었다가, 시계방향으로 조금 회전하면서 상아질에 대한 기구의 맞물림이 풀어지면서 안전하게 근관을 따라 진행할 수 있는 방식으로 이를 통해 screw-in effect와 파일의 파절이 감소한다는 연구결과들이 존재한다.[13]

본 연구 결과를 살펴보면 Mtwo, WaveOne, ProFile 순으로 곡률반경의 비가 높게 나타났으며, 이를 통해 ProFile과 WaveOne이 Mtwo에 비하여 유의하게 만곡근관에서 형태 유지능이 높다는 것을 확인하였다. 김(2011)의 연구에 따르면 기구의 단면적이 증가할수록 굽힘 하중이 발생할 때 반동력이 더 크게 나타나기 때문에 만곡근관을 형성할 때 근관의 외측 변위를 더 많이 유발한다고 하였다.[28] 앞서 기구의 형태를 살펴본 것과 같이 ProFile은 U형 홈이 존재하기 때문에 단면적이 적어서 유연할뿐만아니라 radial land를 가지고 있으므로 근관의 외측 변위를 덜 유발할 것이라고 예상해볼 수 있다. 본 연구 결과 역시 ProFile의 곡률반경의 비가 가장 높게 나타났으므로, 원래 근관의 형태를 가장 잘 유지한다고 볼 수 있으며, 이는 단면적의 측면에서 살펴본 이전 연구 결과와 일치한다. 그러나 WaveOne의 경우 치관부 파일의 단면이 ProTaper와 유사한 볼록한 삼각형 단면을 가지고 있으므로, ProFile에 비해 단면적이 넓다. 반면 Mtwo는 사각형의 S형 단면으로 인해 ProTaper와 같이 삼각형 단면을 기본으로 하는 파일보다 단면적이 감소되었고, progressive pitch로 인해 유연성이 있기 때문에 근관을 직선화시키는 경향은 작게 나타나야 하지만, 본 연구결과에서는 이와 상반되는 결과를 보여주고 있다. 게다가 이전 연구에서도 Mtwo, K3, Race의 근관 성형능력을 비교한 결과 Mtwo는 다른 파일들에 비해서 근관을 직선화시키는 경향이 유의하게 작게 나타났다.[29] 이와 같이 이전 연구결과와 상반되는 결과를 보여주

는 원인을 살펴보면 본 연구에서는 작은 근관일 경우 각 파일의 제조사가 추천하는 기구 사용 순서대로 근관을 성형하였다. ProFile은 .06/#20으로 마무리하였고, Mtwo는 .04/#35으로 마무리한 반면, WaveOne은 Primary인 파일인 .08/#25로 마무리하였기에 각 파일마다 마무리한 파일의 크기가 상이하다는 단점이 있다. 특히 Mtwo의 경우 다른 파일들에 비해 성형을 마무리한 파일의 크기가 가장 크기 때문에 본 연구결과와 같이 다른 파일보다 원래 근관의 형태를 유지하지 못하는 것으로 나타날 수 있다. 이전 연구에서도 근관의 만곡이나 근관장까지 들어가는 master instrument의 지름이 증가하면 transportation, straightening, aberration의 발생 비율이 증가한다고 보고하고 있다.[30] 그러나 단면 구조만으로 파일의 근관 형태 유지능을 결정하는 것은 제고할 필요가 있으며, 단면적이 동일한 파일일지라도, 파일의 제조공정이나 radial land나 pitch와 같은 다른 구조적 특징에 따른 다른 특성이 나타날 수 있다.

Climilli(2005)의 연구에 의하면 continuous rotary system은 시계방향으로만 회전하기 때문에 성형 후 근관의 중심이 이동하는 경향이 있지만, reciprocating movement를 이용한 single file system은 기구가 시계방향과 반시계방향으로 번갈아서 회전하기 때문에 성형 후 근관의 중심이 이동되는 경향은 continuous rotary system에 비해 감소한다고 보고하였다.[31] 따라서 WaveOne의 경우 다른 파일들에 비해서 단면적이 넓음에도 불구하고 reciprocating movement가 갖고 있는 장점과 기구 사용 전 glide path의 형성으로 인하여 본 연구결과와 같이 원래 근관 만곡의 형태를 잘 유지한다고 볼 수 있다.

지금까지 다양한 근관 성형 기구들의 근관 성형 능력을 비교하기 위하여 여러 가지 방법들이 많은 조사자들에 의해 제안되어 왔다. serial sectioning 방법은 미리 정해진 수준에서 분리한 치아를 재위치 장치를 이용하여 물리적으로 재조합하는 것이므로 침습적이며, 조직의 변화나 재료의 소실을 확인하는 것이 어렵다. 반면 radiography를 이용한 방법은 치아를 분리하지 않기 때문에 비침습적이며, 일반적인 근관 치료 시에 많이 이용되지만, 3차원적인 근관 내 공간을 2차원적으로만 보여주기 때문에 절단된 치아가 아닌 경우에는 유용한 근관 단면에 대한 정보를 제공할 수 없다. 최근에는 micro-computed tomography(μCT)을 이용한 비침습적인 방법이 이용되고 있는데, 이 방법은 3차원적으로 부피, 면적, structure model index, 두께를 이용하여 근관의 질적 및 양적 평가가 가능하다는 장점이 있다.[21,32,33] 그러나 micro-computed tomography를 이용한 성형 기구의 비교는 단지 용적 변화만 가지고 평가하는 것이므로 본 연구처럼 만곡 근관의 형태 유지능을 알아보는 기하학적 변화는 분석하기 어렵다.[34] 본 연구는 만곡 근관에서 근관 형성 기구들이 본래 근관의 해부학적 형태를 잘 유지하며 성형하는지 알아보기 위하여 근관의 만곡 부위의 곡률 반경을 이용하여 만곡 근관의 형태 유지능을 확인하였다. 이를 위하여 성형 전후 근관 이미지의 중심을 지나는 원의 반지름을 계산하여 이를 비교하는 방법을 사용하였으며, 이를 통하여 근관 성형 후 Ni-Ti 파일에 의해 근관이 직선화되거나 변형되는 기하학적 분석이 가능하였다.

본 연구 결과를 바탕으로 Mtwo와 같이 삭제력은 우수하지만, 근관 중심을 유지하기 어려운 파일들을 사용할 경우는 Profile과 같이 횡단면이 좁고 유연한 파일을 만곡근관이나 근단부 근관에서 먼저 사용하고 난 후 성형을 하면 만곡 근관의 근관 중심을 유지하면서 더욱 효율적인 근관 성형이 가능하다. 그에 반해 WaveOne은 단면적이 ProFile에 비해 넓지만 reciprocating movement로 회전하기 때문에 성형 후에도 근관의 중심이 유지되어 single-file만으로도 효과적인 성형이 가능하다고 볼 수 있다. 임상에서는 근관 형태에 따라 사용하는 Ni-Ti 파일의 형태와 사용 방법을 고려하여 하이브리드 방식으로 근관 성형을 하는 것이 유리할 수 있을 것이다.

결 론

본 연구는 만곡된 근관의 성형 시 Ni-Ti 파일들의 근관 형태 유지능을 알아보기 위하여 ProFile과 Mtwo를 포함하는 continuous rotary system과 WaveOne과 같은 single file system으로 만곡 근관 형태의 레진 모형을 성형하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 만곡 근관의 성형 전후 이미지에 가장 적합한 원의 반지름을 이용하여 곡률반경의 비를 계산한 결과 Mtwo, WaveOne, ProFile 순으로 곡률반경의 비가 높았으며, Mtwo 파일은 다른 두 파일 그룹에 비해 유의하게 낮은 곡률반경의 비($P<0.05$)를 나타냈다. 따라서 Mtwo에 비해서 ProFile과 WaveOne이 만곡 근관에서의 형태 유지능이 우수하다고 할 수 있다.
2. continuous rotary system과 single file system 간의 만곡 근관의 곡률반경의 비는 유의한 차이를 보이지 않았으므로,($P>0.05$) Ni-Ti file system 간의 만곡 근관에서의 형태 유지능에는 차이가 있다고 할 수 없다.

연구비 지원 및 사의

이 연구는 전북대학교병원 임상연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

참 고 문 헌

1. Yu DC, Schilder H. Cleaning and shaping the apical third of a root canal system. *Gen Dent.* 2001 May-Jun;49(3):266-70.
2. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the Shaping Ability of Nickel-Titanium Files When Used with a Reciprocating Motion. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1398-401. Epub 2011 Aug 16.
3. Ayar LR, Love RM. Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. *Int Endod J.* 2004 Sep;37(9):593-601.
4. You SY, Kim HC, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *J Endod.* 2011 Sep;37(9): 1296-300. Epub 2011 Jul 16.
5. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J.* 1998 Jul;31(4):275-81.
6. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J.* 1998 Jul;31(4):282-9.
7. Lloyd A. Root canal instrumentation with ProFile™ instruments. *Endodontic Topics.* Volume 10, Number 1, March 2005 , pp. 151-154(4)
8. 김현철. 니켈티타늄 전동 파일의 형태에 따른 특성과 임상적 의미 고찰. *JKAE.* 2010 vol. 11 No. 1.
9. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559-67.
10. Yang G, Yuan G, Yun X, Zhou X, Liu B, Wu H. Effects of two nickel-titanium instrument systems, Mtwo versus ProTaper universal, on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1412-6. Epub 2011 Aug 16.
11. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus Continuous Rotation: A Comparative Study of the Effect on Instrument Life. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):157-9.
12. Varela-Patino, Martín-Biedma B, Rodriguez-Nogueira J, Cantatore G, Malentaca A, Ruiz-Pinón M. Fracture rate of nickel-titanium instruments using continuous versus alternating rotation. *ENDO.* 2008 Volume 2, Issue 3
13. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *Int Endod J.* 2012 Jul;45(7): 614-8. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02015.x. Epub 2012 Jan 23.
14. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The “balanced

force"concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985; 11(5): 203.11.
15. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel titanium alloy and 508 Nitinol on the cyclic fatigue life of Profile 25/.04 rotary instruments. *J Endod* 2008; 34(11): 1406–9.
16. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, West J. The WaveOne single-file reciprocating system. *INTERNATIONAL DENTISTRY AFRICAN EDITION* VOL. 2, NO. 1
17. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files. *J Endod.* 2011 Dec;37(12):1687-90. Epub 2011 Oct 27.
18. Sattapan B, Palamara JE, Messer HH. Torque during canal instrumentation using rotary nickel-titanium files. *J Endod.* 2000 Mar;26(3):156-60.
19. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovisi M, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod.* 2012 Jan;38(1):101-4. Epub 2011 Nov 13.
20. Vaudt J, Bitter K, Neumann K, Kielbassa AM. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *Int Endod J.* 2009 Jan;42(1):22-33.
21. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999 May;32(3):165-70.
22. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1398-401. Epub 2011 Aug 16.
23. Bryant ST, Dummer PM, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *Int Endod J.* 1999 May;32(3): 155-64.
24. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino VA, Prati C. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2004 Dec;37(12):832-9.
25. Kuzekanani M, Walsh LJ, Yousefi MA. Cleaning and shaping curved root canals: Mtwo vs ProTaper instruments, a lab comparison. *Indian J Dent Res.* 2009 Jul-Sep;20(3):268-70.
26. Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):305-7.
27. Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):541-4. Epub 2011 Dec 23.
28. Kim HC. Mechanical and geometric features of endodontic instruments and its clinical effect. *JKACD.* 2011 volume 36, Number 1
29. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2006 Mar;39(3):203-12.
30. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1398-401. Epub 2011 Aug 16.
31. Cimilli H, Kartal N. Shaping ability of rotary nickel-titanium systems and nickeltitanium k-files in separable resin blocks. *G Ital Endod.* 2005;19:159.61.
32. Dowker SE, Davis GR, Elliott JC. X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997 Apr;83(4):510-6.
33. Yang G, Yuan G, Yun X, Zhou X, Liu B, Wu H. Effects of two nickel-titanium instrument systems, Mtwo versus ProTaper universal, on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *J*

Endod. 2011 Oct;37(10):1412-6. Epub 2011 Aug 16.
34. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):505-9. Epub 2012 Jan 31.

Comparative Study on the Ability of Instruments to Maintain Original Canal Curvature of Continuous rotary System and Single File System

Sang-Hee Park, Deok-Joong Kim, Yong-Beom Song, Hye-Yun Lee, Hyoung-Sun Kim, Kwang-Won Lee, Mi-Kyung Yu*

Dept. of Conservative Dentistry, Chonbuk National University

Shaping the root canal system to maintain original canal curvature is essential to clinical success in endodontic treatment. Opposed to most root canals that are curved, endodontic instruments are made from straight metal blanks. They have a tendency of straightening the root canal during preparation and frequently result in procedural errors. A new treatment method to maintain original canal curvature during shaping has been introduced for preventing procedural errors. The aim of this study was to compare the ability of instruments to maintain original canal curvature of continuous rotary system and single file system. Thirty ISO 15, 0.02 taper, Endo Training Blocks(Dentsplay Maillefer) were used. Specimens were assigned to 1 of 3 groups for shaping: specimens in group 1 were shaped with ProFile #20/.06 at the WL. Specimens in group 2 were shaped with Mtwo #35/.04 at the WL. Specimens in group 3 were shaped with WaveOne Primary reciprocating files at the WL after the glide path was achieved with PathFile. Pre- and postinstrumentation digital images were superimposed and processed with Matlab r2010b(The MathWorks Inc, Natick, MA) software to analyze the curvature-radius ratio(CRr), representing canal curvature modification. Data for comparison on the ability of instruments to maintain original canal curvature depending on each Ni-Ti file were analyzed with 1-way ANOVA($P<.05$). Data for comparison on the ability of instruments to maintain original canal curvature depending on each Ni-Ti file system were analyzed with independent t-test($P<.05$). A statistically significant difference($P<0.05$) was noted on each Ni-Ti file. ProFile and WaveOne instrumentations maintained the original canal curvature significantly better($P<0.05$) than Mtwo file. There were no significant difference($P>0.05$) between continuous rotary system and single file system. Under the conditions of this study, ProFile and WaveOne instruments maintained the original curvature significantly better than Mtwo file and were less modification of the canal curvature compared. There was no significant difference between continuous rotary system and single file system in shaping of simulated canals. As clinical practitioners, it may be advantages to use hybrid approach when root canal shapes depending on the design and usage of Ni-Ti files.

Key words: continuous rotary system, curvature radius ratio, Mtwo, ProFile, single file system, WaveOne

Correspondence to : Mi-Kyung Yu
Department of Conservative Dentistry & Research Institute of Clinical Medicine.
Chonbuk National University 664-14 Dukjin-Dong, Dukjin-gu, jeonju, 561-756, Korea
Fax: +82-063-250-2129, E-mail: endo@Jbnu.ac.kr
Received: October 03, 2012, Last Revision: November 27, 2012, Accepted: December 25, 2012