

ProFile, ProTaper™ 및 K-Flexofile 근관 성형시 근관의 만곡도에 따른 근관 형태 변화 비교연구

이보금 · 김동준 · 황윤찬 · 황인남 · 오원만*
전남대학교 치과대학 치과보존학교실, 치의학 연구소

ABSTRACT

A COMPARATIVE STUDY ON THE CANAL CONFIGURATION AFTER SHAPING BY PROFILE, PROTAPER™ AND K-FLEXOFILE IN SIMULATED CANALS WITH DIFFERENT ANGLES OF CURVATURE

Bo-Kum Lee, Dong-Jun Kim, Yun-Chan Hwang, In-Nam Hwang, Won-Mann Oh*
Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, DSRI, Chonnam National University

The purpose of this study was to evaluate the canal configuration after shaping by ProFile, ProTaper and K-Flexofile in simulated resin canals with different angles of curvature.

Three types of instruments were used : ProFile, ProTaper, K-Flexofile. Simulated root canals, which were made of epoxy resin, were prepared by ProFile, ProTaper with rotary instrument using a crown-down pressureless technique, and hand instrumentation was performed by K-Flexofile using a step-back technique. All simulated canals were prepared up to size 25 file at end-point of preparation. Pre and post instrumentation images were recorded with Scanner. Assessment of canal shape was completed with Image Analysis program. Measurements were made at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 mm from the apex. At each level, outer canal width, inner canal width, total canal width, and amount of transportation from original axis were recorded. Instrument deformation and fracture were recorded. Data were analyzed by means of one-way ANOVA analysis of variance and the Sheffe's test.

The result was that ProFile and ProTaper maintain original canal shape regardless of the increase of angle of curvature than K-Flexofile. ProFile show significantly less canal transportation and maintained original canal shape better than ProTaper. [J Kor Acad Cons Dent 30(4):294-302, 2005]

Key words: Ni-Ti file, Canal curvature, ProFile, ProTaper, K-Flexofile, Simulated resin canal

- Received 2004.11.11, revised 2004.12.16, accepted 2004.12.18 -

I. 서 론

* Corresponding author: **Won-Mann Oh**

Department of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Chonnam National University
8 Hak-dong, Dong-gu, Gwangju, Korea, 501-757
Tel: 82-62-220-4431 Fax: 82-62-225-8387
E-mail: wmoh@chonnam.ac.kr

근관 성형시 원래 형태를 변화시키지 않으면서 감염원을 제거하고 3차원적인 근관 충전이 가능하도록 하는 것이 중요하다¹⁾. 그러나 근관의 만곡도가 증가하면 근관 성형시 근관이 직선화되고 렛지 (ledge), 짚 (zip), 엘보우 (elbow), 변위 (transportation) 및 천공 (perforation) 등의 문제점이 유발된다^{2,3)}. 따라서 Schilder¹⁾가 주장한 근관 입구부터

근침까지 균일하게 가늘어지는 깔때기 모양의 이상적인 근관 성형에 많은 어려움이 있다.

가늘고 만곡된 근관에서 생기는 문제점을 줄이기 위해 여러 가지 근관 성형법과 기구들이 소개되었다. Walton⁴⁾은 스텝백 (step-back)법을 추천하였고 Roane 등⁵⁾은 역균형 (balanced-forced)법을 소개하였고, Morgan과 Montgomery⁶⁾는 크라운다운 (crown-down pressureless)법을 사용하는 것이 효과적이라고 하였으며 이밖에 초음파를 이용한 방법^{7,8)}도 소개되었다. Ingle과 Taintor⁹⁾는 전만곡 (precurve)시킨 기구를 사용할 것을 추천하였다. 그러나 Weine 등³⁾은 파일을 미리 구부린 것이나 그렇지 않은 것이나 모두 만곡된 근관이 직선화되는 경향이 있으며 근관 성형 기구나 방법과는 무관하게 근관 성형이 완료된 근관은 원래의 형태나 방향을 유지할 수 없다고 결론지었다. 특히 치근단부에서는 만곡의 바깥쪽 부분의 삭제량이 많다고 하였다.

Walia 등¹⁰⁾에 의해 니켈-타이타늄 합금으로 근관치료용 파일을 제작하는 기술적 진보를 이루게 되었다. 니켈-타이타늄 파일은 스테인레스 스틸 파일 (stainless steel file)보다 2 - 3배의 탄성적 유연성 (elastic flexibility)이 있으며 탄성 계수 (elastic modulus)가 더 낮고 비틀림 파절 (torsional fracture)에 대한 저항이 높은 것으로 알려져 있다. 이런 결과를 바탕으로 여러 가지 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일이 개발되었다. 니켈-타이타늄 파일은 스테인레스 스틸 파일보다 삭제율과 성형능이 우수하며 근관의 원래 형태를 유지하면서 전 근관에 걸쳐 균일한 경사를 가지며 가늘고 만곡된 근관을 직선화시키거나 램지, 짚 및 천공 등을 유발할 가능성이 더 적은 것으로 나타났다¹¹⁻¹³⁾. 최근 다양한 형태의 삭제날을 가진 니켈-타이타늄 파일이 소개되었으며 삭제날 디자인에 따라 상아질 삭제능이 효과적인 반면 근관의 변위를 일으킬 가능성이 높아질 수 있다고 하였다^{19,24)}.

치아를 이용하여 근관의 원래 형태를 정확히 측정하는 것은 어렵고 근관의 성형 정도를 평가하는 것 또한 어렵다. 그래서 이전의 많은 연구에서 레진 모형 근관 (resin simulated canal)을 이용하였는데¹⁴⁻¹⁶⁾ 레진 블럭을 사용하면 근관의 크기와 만곡도, 형태를 고안 할 수 있고 표준화 할 수 있으며, 투명 레진을 사용하기 때문에 기구조작을 시각적으로 확인 할 수 있다. Lim과 Webber¹⁶⁾는 레진 모형 근관과 치아에서 깔때기 모양의 근관을 성형하는데 차이가 없다고 하였고 레진 블럭의 근관이 발치한 치아의 근관을 대체하여 사용하는 것이 유효하다고 하였다. 또한 다양한 만곡을 부여하여 실제 치아에서의 다양한 만곡도를 재현할 수 있으며 높은 만곡도에서 니켈-타이타늄 파일의 변위양상을 볼 수 있었다¹⁴⁾.

따라서 본 연구는 만곡도가 다른 근관에서 ProFile, ProTaper 및 K-Flexofile을 이용하여 일정한 크기로 근관을 성형한 후 근관의 만곡도에 따라 근관의 형태가 어떻게 변화하는지를 비교 분석하고자 시행되었다.

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 레진 블럭 제작 및 근관 성형 전 이미지 채득

본 실험에서는 1991년에 Dummer 등¹⁷⁾이 소개한 방법으로 에폭시 레진을 이용하여 90개의 레진 블럭을 제작하였다. ISO #15 spreader (Mani, Inc., Japan)를 근관의 입구에서 10 mm 떨어진 부위에서부터 15도, 30도 및 45도가 되게 만곡시키고 (근관의 만곡도는 Schneider 방법¹⁸⁾을 이용하여 측정), 근관 전체의 길이는 18 mm가 되게 하였다 (Figure 1). 이것을 근관의 주형으로 사용하였으며 에폭시 레진 (EpoXicure™, Buehler, Illinois, USA)에 포매하였다. 8시간 후 레진이 경화되면 스프레더를 근관 내에서 빼내고 레진 블럭을 몰드에서 제거하였다. 근관 내에 효과적인 세척이 이루어지고 레진 잔사가 남지 않게 하기 위해서 치근단공이 레진 블럭의 바깥쪽과 연결되게 하였다. Round bur를 이용하여 레진 블럭에 근관 성형 전·후 이미지를 중첩할 때 기준이 될 3개의 지시점 (landmark)을 만들었다. 근관 성형 전에 레진 블럭의 근관 내에 메틸렌 블루 (methylene blue)를 주입하고 스캐너 (Color scanner, UMAX Technologies, Inc., USA)를 이용하여 근관 성형 전 이미지를 얻었다.

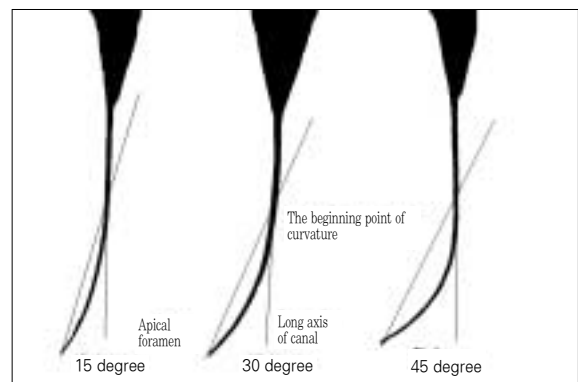


Figure 1. The three different angles of curvature (by Schneider method).

Working length was adjusted to 18 mm, the beginning point of curvature was began at 10 mm from the canal orifice.

2. 근관 성형

레진 블록은 만곡도에 따라 각각 30개씩으로 나누어 다음의 3가지 파일로 10개씩 근관 성형하였다. 근관 성형 기구로는 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile (Dentsply Maillefer, Ballagiues, Switzerland)과 ProTaper™ (Dentsply Maillefer, Ballagiues, Switzerland) 및 수동형 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile (Dentsply Maillefer, Ballagiues, Switzerland)을 이용하였다.

ProFile과 ProTaper는 250 rpm의 일정한 속도로 회전하는 구동형 엔진 (Tecnika, Dentsply Maillefer, Switzerland)을 이용하여 크라운다운 (crown-down)법으로 근관 성형을 하였다. 각각의 파일은 윤활제인 RC-Prep™ (Premier Dental Products Co., Canada)을 묻혀서 사용하였다.

ProFile은 Orifice Shapers #4와 #3을 사용하여 치관부를 성형하였고 .06/#30과 .06/#25 파일을 순서대로 사용하여 힘을 주지 않고 점차적으로 치근단 쪽으로 전진시켰다. .04/#30과 .04/#25 파일로 근관장까지 성형하였다.

ProTaper는 S1 파일로 근관장에서 3/4까지 성형하였고 SX 파일로 치관부를 성형한 후 S1과 S2 파일로 근관장까지 성형하고 치근단 부위는 F1과 F2 파일로 성형하였다.

K-Flexofile은 스텝백 (step-back)법^{3,4)}을 사용하였는데 파일은 사용하기 전에 전만곡 (precurve)시켜서 filing과 reciprocal reaming 움직임으로 근관 내에 느슨하게 맞을 때까지 시행한 다음 단계적으로 큰 파일을 사용하여 치근단 공에서 주치근단 파일이 #25 파일 크기가 되게 근관 성형하였다. Gates Glidden drill #2, #3을 이용하여 치관부를 확대하고 파일의 크기를 증가시키면서 근관장을 1 mm 짧게 하여 #60 파일까지 근관 성형하였다.

모든 근관 성형은 한사람의 술자에 의해 시행되었고 치근단 개방 (patency)은 #10 K-파일로 확인했으며 레진 삭제 편이 근관 내에 막히지 않게 27gauge needle을 사용하여 5ml 생리식염수로 세척하였다. 모든 근관은 작업장 길이에 주치근단 파일 (master apical file)이 #25 파일 크기가 되도록 근관 성형하였다. 파일은 5개의 블록 사용 후 교체하며 매 사용 후 검사하여 변형되었거나 부러진 것은 더 이상 사용하지 않았다. Gates Glidden drill #2 및 #3은 부러지지 않으면 계속 사용하였다.

3. 근관 성형 후 이미지 중첩과 평가

근관 성형 후 근관 내에 붉은 색 잉크를 주입하고 스캔하여 근관 성형 전·후의 이미지가 구분되게 하였다. 성형 전·후의 근관 형태를 정확히 중첩하기 위해 레진 블록을

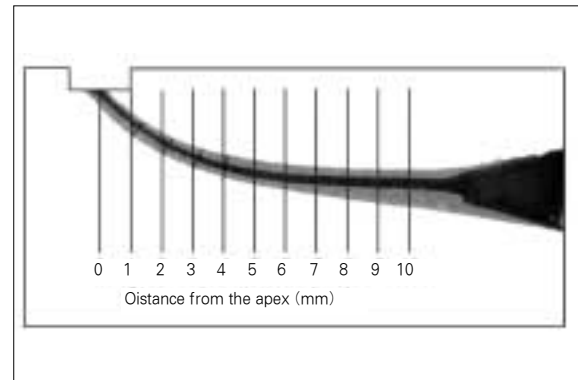


Figure 2. A diagram is indicating the points at which the canal widths were measured after superimposition of preinstrumentation and postinstrumentation images.

항상 같은 위치에 고정해서 이미지를 얻었다. Photoshop 7.0 program (Adobe System Inc., USA)을 이용하여 레진 블록 상에 표시한 3개의 지시점을 기준으로 하여 근관 성형 전·후 이미지를 중첩하였다. 이미지 분석 프로그램 (Image-Pro Plus, Media Cybernetic, USA)을 이용하여 근관의 이미지를 확대한 후 치근단 쪽에서부터 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 및 10 mm 부위에서 내측과 외측 폭경 (inner and outer canal width), 근관의 총폭경 (total canal width), 근관의 중심축에 대한 근관의 변위 (amount of transportation from the original canal axis)를 측정하였다¹⁹⁾ (Figure 2). 근관 성형시 파일이 파절되거나 변형되면 크기와 수를 기록하였다.

4. 통계분석

각 부위에서 만곡의 내·외측 폭경의 변화량과 근관 변위의 유의성 검정을 위해 one-way ANOVA를 시행하였으며 각 기구간의 유의성 검정은 Scheffe's test로 사후 검정하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 근관 외측 폭경의 변화

15도와 30도 만곡의 경우 ProFile에 비해 ProTaper의 외측 폭경의 변화가 크게 나타났다 (Table 1, 2). 15도 만곡의 경우 K-Flexofile이 1 - 4 mm에서, 30도 만곡의 경우는 1 - 3 mm 부위에서 ProFile과 ProTaper에 비해 크게 나타났다 ($p < 0.01$). 45도 만곡의 경우는 ProTaper와 K-Flexofile은 1 - 4 mm 부위에서 외측으로 확대가 ProFile에

Table 1. Mean values of outer, inner, total canal width and amount of transportation in 15 degree of canal curvature (Unit: mm, Mean \pm S.D.)

		Distance from the apex (mm)																			
		1 mm		2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm		7 mm		8 mm		9 mm		10 mm	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Outer canal width	Profile	0.19	0.04	0.21	0.04	0.22	0.04	0.23	0.03	0.24	0.03	0.25	0.02	0.28	0.04	0.32	0.04	0.34	0.03	0.4	0.04
	Protaper	0.25	0.08	0.03	0.05	0.30	0.04	0.28	0.04	0.29	0.05	0.32	0.07	0.36	0.08	0.41	0.08	0.45	0.08	0.52	0.07
	K-Flexofile	0.45	0.06	0.38	0.02	0.36	0.02	0.29	0.04	0.26	0.05	0.29	0.06	0.35	0.07	0.45	0.11	0.52	0.13	0.59	0.17
Inner canal width	ProFile	0.15	0.02	0.16	0.02	0.20	0.03	0.24	0.02	0.28	0.05	0.30	0.03	0.33	0.03	0.33	0.02	0.36	0.01	0.38	0.04
	ProTaper	0.16	0.02	0.19	0.04	0.26	0.06	0.31	0.04	0.38	0.03	0.39	0.06	0.40	0.06	0.40	0.07	0.44	0.07	0.43	0.07
	K-Flexofile	0.12	0.02	0.22	0.02	0.31	0.03	0.41	0.06	0.46	0.07	0.49	0.09	0.50	0.11	0.51	0.10	0.55	0.10	0.62	0.11
Total canal width	ProFile	0.34	0.03	0.38	0.02	0.43	0.03	0.47	0.05	0.52	0.05	0.55	0.04	0.60	0.04	0.65	0.05	0.71	0.04	0.78	0.07
	ProTaper	0.41	0.08	0.49	0.03	0.55	0.05	0.59	0.04	0.67	0.04	0.71	0.05	0.76	0.04	0.82	0.04	0.03	0.03	0.96	0.02
	K-Flexofile	0.56	0.06	0.60	0.03	0.68	0.05	0.70	0.08	0.72	0.08	0.78	0.09	0.85	0.07	0.96	0.08	1.07	0.11	1.21	0.45
Amount of transportation	ProFile	0.04	0.05	0.05	0.06	0.02	0.06	-0.01	0.05	-0.05	0.06	-0.05	0.04	-0.05	0.05	-0.02	0.03	-0.02	0.03	0.01	0.04
	ProTaper	0.09	0.08	0.11	0.09	0.04	0.08	-0.03	0.07	-0.09	0.08	-0.07	0.12	-0.04	0.14	0.01	0.14	0.02	0.15	0.09	0.15
	K-Flexofile	0.33	0.06	0.16	0.02	0.05	0.02	-0.12	0.06	-0.20	0.09	-0.20	0.13	-0.15	0.17	-0.05	0.21	-0.04	0.20	-0.03	0.25

Minus value indicates that axis of canal was transported to inner side curvature after canal preparation

ProFile (n = 10), ProTaper (n = 9), K-Flexofile (n = 10)

Table 2. Mean values of outer, inner, total canal width and amount of transportation in 30 degree of canal curvature (Unit: mm, Mean \pm S.D.)

		Distance from the apex (mm)																			
		1 mm		2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm		7 mm		8 mm		9 mm		10 mm	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Outer canal width	Profile	0.19	0.03	0.23	0.03	0.25	0.03	0.25	0.05	0.27	0.03	0.26	0.03	0.32	0.02	0.35	0.02	0.39	0.02	0.43	0.02
	Protaper	0.34	0.05	0.38	0.01	0.35	0.03	0.32	0.04	0.33	0.06	0.38	0.04	0.45	0.02	0.54	0.02	0.63	0.04	0.74	0.03
	K-Flexofile	0.40	0.07	0.43	0.04	0.33	0.05	0.23	0.04	0.22	0.04	0.20	0.02	0.23	0.05	0.31	0.04	0.40	0.03	0.50	0.05
Inner canal width	ProFile	0.15	0.03	0.17	0.01	0.17	0.02	0.22	0.02	0.27	0.02	0.28	0.02	0.30	0.02	0.32	0.04	0.35	0.04	0.34	0.03
	ProTaper	0.21	0.04	0.25	0.05	0.30	0.05	0.36	0.05	0.42	0.03	0.41	0.06	0.41	0.04	0.39	0.07	0.40	0.06	0.42	0.06
	K-Flexofile	0.12	0.02	0.16	0.04	0.3	0.07	0.43	0.08	0.58	0.06	0.68	0.04	0.71	0.09	0.73	0.13	0.80	0.18	0.91	0.21
Total canal width	ProFile	0.35	0.04	0.4	0.03	0.42	0.03	0.47	0.05	0.54	0.04	0.54	0.04	0.62	0.02	0.67	0.04	0.74	0.04	0.77	0.04
	ProTaper	0.55	0.09	0.62	0.05	0.65	0.08	0.68	0.07	0.76	0.09	0.79	0.09	0.86	0.06	0.93	0.08	1.03	0.07	1.15	0.05
	K-Flexofile	0.53	0.06	0.59	0.06	0.63	0.06	0.66	0.05	0.79	0.03	0.87	0.03	0.94	0.07	1.04	0.14	1.20	0.19	1.41	0.25
Amount of transportation	ProFile	0.04	0.04	0.07	0.03	0.08	0.05	0.03	0.06	0.00	0.03	-0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.10	0.04
	ProTaper	0.13	0.02	0.13	0.05	0.05	0.03	-0.04	0.04	-0.09	0.05	-0.03	0.03	0.04	0.03	0.14	0.07	0.23	0.08	0.32	0.08
	K-Flexofile	0.28	0.08	0.28	0.06	0.02	0.11	-0.21	0.11	-0.36	0.09	-0.48	0.06	-0.48	0.13	-0.42	0.13	-0.41	0.17	-0.41	0.17

Minus value indicates that axis of canal was transported to inner side curvature after canal preparation

ProFile (n = 10), ProTaper (n = 9), K-Flexofile (n = 10)

비해 크게 나타났지만 ($p < 0.01$) 서로 간에는 유의한 차이가 없었다 (Table 3). 15도와 30도 만곡의 경우 ProFile과 ProTaper로 근관 성형 후 근침부는 가늘고 치관측으로 갈수록 넓어지는 형태를 보였고 45도 만곡의 경우는 ProFile로 근관 성형 후에만 근침부는 가늘고 치관측으로 갈수록 넓어지는 형태를 보였다.

2. 근관 내측 폭경의 변화

15도와 30도 및 45도 만곡의 경우 ProFile에 비해 ProTaper의 내측 폭경의 변화가 크게 나타났다 (Table 1 - 3). 15도 만곡의 경우 K-Flexofile이 2 - 10 mm 부위에서, 그리고 30도 만곡의 경우는 3 - 10 mm에서 ProFile과 ProTaper에 비해 유의하게 크게 나타났다 ($p < 0.01$, Table 1, 2). 45도 만곡의 경우는 ProFile에 비해 ProTaper와 K-Flexofile의 내측 폭경의 변화가 유의하게 크게 나타났다 ($p < 0.01$, Table 3). 15도 만곡의 경우 ProFile, ProTaper 및 K-Flexofile로 근관 성형 후에, 30도 만곡의 경우는 ProFile과 ProTaper로 근관 성형 후에, 그리고 45도 만곡의 경우에는 ProFile로 근관 성형 후 근침부는 가늘고 치관측으로 갈수록 넓어지는 형태를 보였다.

3. 근관 총폭경의 변화량

전체적으로 ProFile, ProTaper 및 K-Flexofile 순으로 커졌다. 15도 만곡의 경우 1 mm에서 K-Flexofile이 다른 파일에 비해 유의하게 컸으며 ($p < 0.01$), 5 - 6 mm에서 ProFile이 다른 파일에 비해 유의하게 작았다 ($p < 0.01$, Table 1). 30도 만곡의 경우 1 - 5 mm에서, 45도 만곡의 경우 1 - 4 mm에서 ProFile이 다른 파일에 비해 유의하게 작았다 ($p < 0.01$, Table 2, 3).

4. 근관의 중심축에 대한 근관의 변위

전체적으로 ProFile의 근관 변위 유발이 가장 작고 ProTaper와 K-Flexofile 순으로 크게 나타났다. 15도 만곡의 경우 1, 2 mm 부위와 4 - 6 mm 부위에서, 30도 만곡의 경우는 1 - 10 mm 부위에서 ProFile에 비해 ProTaper와 K-Flexofile이 보다 크게 나타났다 ($p < 0.01$). 15도 만곡의 경우 ProFile과 ProTaper 및 K-Flexofile 모두 1 - 3 mm 부위에서는 만곡의 외측으로 변위되고 4 - 7 mm 부위에서는 내측으로 변위되었다 ($p < 0.01$, Table 1, 2). 45도 만곡의 경우 1 - 3 mm 부위에서는 ProFile이 가장 작았고

Table 3. Mean values of outer, inner, total canal width and amount of transportation in 45 degree of canal curvature (Unit: mm, Mean \pm S.D.)

		Distance from the apex (mm)																			
		1 mm		2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm		7 mm		8 mm		9 mm		10 mm	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Outer canal width	Profile	0.23	0.05	0.26	0.06	0.22	0.04	0.22	0.08	0.23	0.04	0.26	0.05	0.29	0.05	0.33	0.06	0.32	0.06	0.40	0.05
	Protaper	0.45	0.02	0.47	0.05	0.31	0.07	0.21	0.04	0.23	0.02	0.24	0.03	0.28	0.05	0.42	0.06	0.54	0.04	0.60	0.02
	K-Flexofile	0.49	0.10	0.38	0.06	0.25	0.04	0.24	0.01	0.26	0.03	0.26	0.02	0.34	0.03	0.41	0.04	0.50	0.06	0.59	0.08
Inner canal width	ProFile	0.15	0.03	0.17	0.02	0.22	0.03	0.28	0.04	0.31	0.05	0.32	0.05	0.34	0.03	0.35	0.02	0.38	0.02	0.42	0.04
	ProTaper	0.16	0.02	0.22	0.02	0.37	0.04	0.61	0.03	0.73	0.04	0.76	0.09	0.68	0.07	0.61	0.04	0.67	0.05	0.58	0.04
	K-Flexofile	0.14	0.02	0.26	0.04	0.39	0.02	0.54	0.06	0.57	0.07	0.55	0.09	0.59	0.11	0.67	0.08	0.78	0.07	0.89	0.01
Total canal width	ProFile	0.37	0.04	0.43	0.05	0.44	0.04	0.50	0.06	0.54	0.03	0.58	0.03	0.63	0.03	0.68	0.07	0.70	0.06	0.83	0.04
	ProTaper	0.61	0.03	0.69	0.03	0.68	0.03	0.82	0.03	0.95	0.07	0.99	0.11	0.96	0.04	1.03	0.03	1.11	0.04	1.19	0.05
	K-Flexofile	0.63	0.10	0.54	0.06	0.64	0.10	0.78	0.06	0.83	0.05	0.81	0.07	0.93	0.09	1.09	0.08	1.28	0.11	1.48	0.08
Amount of transportation	ProFile	0.08	0.07	0.09	0.08	0.00	0.06	-0.06	0.11	-0.08	0.09	-0.06	0.09	-0.04	0.07	-0.03	0.07	-0.06	0.06	-0.02	0.09
	ProTaper	0.29	0.02	0.26	0.08	-0.06	0.11	-0.40	0.06	-0.50	0.02	-0.52	0.08	-0.4	0.11	-0.19	0.09	-0.03	0.09	0.02	0.04
	K-Flexofile	0.35	0.11	0.13	0.08	-0.14	0.11	-0.30	0.06	-0.32	0.10	-0.29	0.11	-0.25	0.14	-0.26	0.10	-0.27	0.08	-0.30	0.08

Minus value indicates that axis of canal was transported to inner side curvature after canal preparation
ProFile (n = 10), ProTaper (n = 9), K-Flexofile (n = 10)

ProTaper 및 K-Flexofile 순으로 커졌으나 ($p < 0.01$), 4 - 7 mm에서는 ProFile이 가장 작고 K-Flexofile 및 ProTaper 순으로 증가하였다 ($p < 0.01$, Table 3).

5. 기구의 변형과 파절

K-Flexofile은 파절되지 않았고 변형된 파일이 30도 만곡의 경우 #20파일 1개, 45도 만곡의 경우에는 #15, #20 및 #25 파일이 각각 1개씩 있었다. ProFile은 파절되지 않았고 30도 만곡의 경우 06/#25 파일이 1개 변형되었다. ProTaper는 15도 만곡의 경우 S2 파일이 1개 변형되었고 30도 만곡의 경우는 S1 파일이 1개 변형되고 F1 파일이 1개 파절되었다. 45도 만곡의 경우에서 S1 파일이 1개, S2 파일이 1개, F1 파일이 2개 그리고 F2 파일이 2개 파절되었다.

IV. 총괄 및 고안

근관 성형은 근관 치료의 가장 많은 부분을 차지하고 있으므로 이 과정을 단축할 수 있다면 근관 치료에서 오는 술자의 피로를 상당히 줄일 수 있다. 그러므로 근관성형 시간을 단축하면서도 원래의 근관 형태를 유지하고 근관 충전이 용이하도록 근관 성형할 수 있는 기구를 선택할 경우 안정성 및 효율성 면에서 만족할 만한 결과를 가져 올 수 있다. 좁고 만곡된 근관은 전통적인 근관 성형법을 이용하는 경우 근관 기구가 잘 파절되고 근관장을 설정하기 어려우며 치근단 부위에서 렛지와 천공 등이 일어나기 쉽다. 그래서 근관 성형 방법의 효율성에 대한 많은 연구가 있었고 여러 가지 새로운 기구가 소개되었다³⁻⁹⁾.

1988년 Walia 등¹⁰⁾이 니켈-타이타늄 파일을 처음 소개한 이래 니켈-타이타늄 파일에 대한 효율성과 안전성 및 근관 삭제능력 등에 대한 많은 연구가 진행되어 왔는데^{20,21)} Espito와 Cunningham¹¹⁾은 만곡 근관에서 근첨부 성형을 #30 크기 이상으로 할 때 니켈-타이타늄 파일이 스테인레스 스틸 파일 보다 원래의 근관 형태를 잘 유지한다고 하였다. Coleman과 Svec²²⁾도 치근단 부위에서 니켈-타이타늄 파일의 변위 (transportation)가 더 적다고 하였다. 또한 Park²³⁾은 GT 파일과 ProFile을 이용하여 근관 성형한 것이 스테인레스 스틸 파일로 근관 성형한 것보다 더 우수한 경사도를 가지며 원래 근관 형태를 잘 유지한다고 하였다. 본 실험에서도 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile을 이용하여 근관 성형한 것 보다 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile과 ProTaper를 사용하여 근관 성형하였을 때 치근첨은 가늘고 치관부로 갈수록 넓어지는 형태를 이루었으며 원래의 근관 형태를 잘 유지하였다. 이것은 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile이 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파

일인 ProFile과 ProTaper에 비해 더 유연성이 없기 때문이라고 사료된다.

본 실험에 사용된 ProFile은 단면이 U자 모양이며 파일 끝 부분에 삭제날이 없다. 이에 비해 ProTaper는 단면이 U자 모양이 아니고 2 - 19%의 다양한 경사도를 가지고 있다. 이런 파일의 형태 때문에 상아질을 더 효과적으로 삭제하고 마찰면이 적어서 비틀림 하중 (torsional load)을 적게 받는다고 하였다²⁴⁾.

Kavangh와 Lumley²⁵⁾ 그리고 Bryant 등²⁶⁾은 ProFile을 사용하여 근관 성형하였을 때 근관의 형태가 우수하다고 하였다. 오 등²⁷⁾에 의하면 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile이 근관 성형 후 치근단 부위에서 근관 단면의 형태가 가장 우수하다고 하였다. Park²³⁾의 실험에서도 ProFile이 가장 우수한 결과를 보였다. 본 실험에서도 이전의 실험에서와 같이 ProFile이 가장 좋은 결과를 보이며 만곡도가 증가하여도 근관 성형 후 근관의 폭경과 근관의 중심축에 대한 변위량이 ProTaper와 K-Flexofile에 비해 크지 않았다. 이는 ProFile이 non-cutting tip을 가지며 radial land가 있어서 근관성형시 파일을 근관내에서 중심쪽으로 위치시키기 때문인 것으로 사료된다.

본 실험에서는 ProFile과 ProTaper 및 K-Flexofile은 치근단 1 - 3 mm 부위에서 치근단의 외측으로, 4 - 7 mm 부위에서는 내측으로 변위되었다. 15도의 경우에는 세 가지 파일 모두 근관의 변위가 45도에 비해 크지 않았다. 45도의 경우 치근첨에서 4 - 7 mm 부위에서 ProTaper가 K-Flexofile 보다 내측으로의 변위가 큰데 이것은 ProTaper의 치근단 성형 파일의 경사도가 크고 강성이 크기 때문이라고 사료된다.

Yun과 Kim¹⁹⁾은 ProTaper가 ProFile, GT Rotary file 및 Quantec에 비해 근관성형 시간이 짧고 근관의 확대량이 크며 기구의 변형이 많다고 하였다. 본 실험에서도 ProTaper는 다른 파일에 비해 근첨부로부터 같은 거리에서 ProFile보다 총폭경이 유의하게 큰데 이것은 ProTaper의 경사도가 크기 때문이라고 사료된다.

엔진 구동형 ProFile과 ProTaper는 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile에 비해 근관 성형시간이 짧고 특히 만곡도가 증가하여도 시간이 크게 증가하지 않았다. 이것은 ProFile과 ProTaper는 사용하는 파일수가 적고 일정한 속도로 회전하는 엔진을 사용하기 때문이라고 사료된다.

Southard 등²⁸⁾은 작고 만곡된 구치부 근관에서 근첨부를 #25이나 #30 파일까지만 확대하는 것은 근첨부 잔사 제거에 부족하다고 하였다. 그러나 #30 이상 확대하면 쥘과 렛지가 발생하기 쉽다고 하여 본 실험에서 주치근단 파일을 #25 파일 크기로 설정하였다.

이전에 근관 성형법에 따른 근관의 형태를 평가하는 많은 방법이 제시되고 있는데 본 연구에서 사용한 레진 블록은

근관의 크기와 만곡도, 형태를 고안할 수가 있었고 표준화할 수 있었다. 레진 블럭의 미세 경도는 $20 \pm 0.06 \text{ kg/mm}^2$ 인데 이것은 #25 K-파일을 이용하여 레진 표면에는 90g의 힘으로, 상아질에는 190 g의 힘으로 흠집 (scratch)을 남길 수 있는 정도이다¹⁶⁾. 이는 레진이 상아질보다 더 연하다는 것을 의미하지만 레진이 단단한 고체 구조이기 때문에 삭제가 쉽지는 않았다.

대부분의 니켈-타이타늄 파일은 날카로운 삭제 날이 없기 때문에 상아질을 연마동작 (grinding action)으로 삭제하는 반면에 레진은 열이 발생하여 연화되어 제거되는 것으로 알려져 있다²⁹⁾. 이 과정 중 삭제 날이 근관 내에 끼고 기구가 파절된다³⁰⁾. 본 실험에서 근관 성형시 ProTaper는 8개가 파절되었고, 특히 45도 만곡의 경우 6개가 파절되었다. 이것은 ProTaper가 절단첨 (cutting-tip)을 가지고 있어서 레진 블럭을 삭제할 때 치근단 부위에 파일의 끝 부분이 끼어서 생긴 것으로 생각된다.

본 실험의 결과를 통해서 볼 때 만곡도가 큰 근관 성형시에는 ProFile이 ProTaper에 비해 근첨부로부터 같은 부위에서 총폭경이 유의하게 작고 근관의 변위가 적었다. ProTaper는 가늘고 만곡이 심한 근관의 성형시 변형과 파절이 잘 일어나지만 술자가 사용법을 잘 숙련하여 조심해서 사용한다면 시술 시간을 줄이고 술자의 피로를 줄일 수 있으므로 ProFile과 함께 임상에서 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

이 실험은 레진 블럭을 사용하여 근관 성형 전·후의 근관의 폭경을 측정하는 방법으로 근관의 성형 정도를 평가하였는데 측정하는 중에 오차가 발생할 수 있고 이차원적인 방법이므로 보다 나은 연구를 위해 삼차원적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 ProFile, ProTaper 및 K-Flexofile로 근관 성형시 근관의 만곡도에 따른 근관의 형태 변화를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 15도 및 30도 만곡의 경우, 근관의 중심축에 대한 근관 변위는 K-Flexofile이 가장 컸으며 ProTaper 및 ProFile 순으로 작아졌다 ($p < 0.01$).
2. 45도 만곡의 경우 근단부 1 - 3 mm 부위에서는 근관의 중심축에 대한 근관 변위는 K-Flexofile이 가장 컸으며 ProTaper 및 ProFile 순으로 작아졌으나 ($p < 0.01$), 4 - 7 mm에서는 ProTaper가 가장 컸고 K-Flexofile 및 ProFile 순으로 작아졌다 ($p < 0.01$).
3. 근관의 만곡도가 증가함에 따라 근관 성형 후 근관의 폭경은 K-Flexofile이 가장 컸고 ProTaper 및 ProFile

순으로 작았으며 ($p < 0.01$), 모든 만곡도에서 세 가지 파일을 이용하여 근관 성형한 후 치근단 쪽에는 만곡의 외측으로 치관쪽에서는 내측으로의 근관이 확대되었다.

4. 기구의 파절은 45도 만곡의 경우에서 ProTaper가 6개로 가장 많았다.

이상의 결과는 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile과 ProTaper를 사용하여 근관성형시 수동형 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile에 비해 근관의 변위를 적게 유발하며 특히 ProFile이 근관 성형시 바람직한 기구임을 시사한다.

참고문헌

1. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 11:723-744, 1967.
2. Zmener O, Balbachan L. Effectiveness of nickel-titanium files for preparing curved root canals. *Endod Dent Traumatol* 11:121-123, 1995.
3. Weine FS. Endodontic therapy. 4th ed., Mosby., St. Louis, p 277, 1989.
4. Walton R. Current concepts of canal preparation. *Dent Clin North Am* 36:309-326, 1992.
5. Roane J, Sabala C, Duncanson M. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 11:203-211, 1985.
6. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. *J Endod* 10:491-498, 1984.
7. Chenail BL, Teplitsky PE. Endosonics in curved root canal. *J Endod* 11:369-374, 1985.
8. Walsh C, Messee HH, ElDeeb ME. Effect of varying ultrasonic power setting canal preparation. *J Endod* 16:273-278, 1990.
9. Ingle JI, Taintor JF. Endodontics. 3rd ed., Lea & Febiger., Philadelphia, p 26-37, 1985.
10. Walia H, Brantley WA, Gerstein, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 14:346-351, 1988.
11. Espito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 21:173-176, 1995.
12. 박한수, 이민구, 김종진, 이종엽. ProFile을 이용한 만곡 근관 형성시 근관형태에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 24:633-637, 1999.
13. 고현정, 백승호. 수종의 Engine-driven Ni-Ti file과 stainless steel K-file을 이용한 근관 형성 후 근관의 조직형태학적 변화에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 27:612-621, 2002.
14. Calbertson FLG, Deroose CAJG, Hommez GMG, Raes H, De Moor RJG. Shaping ability of GTTM Rotary Files in simulated resin root canals. *Int Endod J* 35:607-614, 2002.
15. ElDeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J* 18:1-187, 1985.
16. 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.
17. Dummer PMH, Alodeh MHA, Al-Omari MAO. A

- method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *Int Endod J* 24:63-66, 1991.
18. Schneider SW. A comparison of canal preparation in straight and curved canals. *Oral Surg* 32:271-275, 1971.
 19. Yun HH, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 95:228-233, 2003.
 20. Hata G, Uemura M, Kato AS, Imura N, Novo NF, Toda T. A comparison of shaping ability using ProFile, GT file, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *J Endod* 28:316-321, 2002.
 21. Bishop K, Dummer PM. A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium NiTiFlex files during the shaping of simulated canals. *Int Endod J* 30:25-34, 1997.
 22. Coleman CL, Svec TA. Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. *J Endod* 23:232-235, 1997.
 23. Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 91:715-718, 2001.
 24. Peter OA, Peter CI, Schonenberger K, Barbaknow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J* 36:86-92, 2003.
 25. Kavangh D, Lumley PJ. An in vitro evaluation of canals preparation using ProFile .04 and .06 taper instruments. *Endod Dent Traumatol* 14:16-20, 1998.
 26. 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* 32:155-164, 1999.
 27. 오현정, 홍찬의, 조용범. Ni-Ti Rotary Instruments에 의한 근관형성이 치근단부 근관형태에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 22:244-253, 1997.
 28. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roan technique. *J Endod* 13:479-489, 1987.
 29. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Jung IY, Lee SJ, Lee CY. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod* 26:719-723, 2000.
 30. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod* 23:698-702, 1997.

국문초록

PROFILE, PROTAPER™ 및 K-FLEXOFILE 근관 성형시 근관의 만곡도에 따른 근관 형태 변화 비교연구

이보금 · 김동준 · 황윤찬 · 황인남 · 오원만*

전남대학교 치과대학 치과보존학교실, 치의학 연구소

본 연구는 ProFile, ProTaper 및 K-Flexofile로 근관 성형시 근관의 만곡도에 따라 근관의 형태가 어떻게 변화하는지를 비교 분석하고자 시행되었다. ISO #15 finger spreader를 15도, 30도 및 45도로 만곡시키고 에폭시 레진으로 각 각도의 근관을 갖는 30개의 근관 모형을 제작하였다. 근관의 길이는 18 mm로 하였고 근관의 만곡은 근관의 입구로부터 10 mm 부위에서 시작하도록 제작하였다. 근관 성형에는 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile과 ProTaper, 수동형 stainless steel 파일인 K-Flexofile을 사용하였다. ProFile과 ProTaper는 제조자의 지시에 따라 크라운다운법으로 근관 성형하였고, K-Flexofile은 스텝백법으로 근관 성형하였다. 근첨부 성형은 #25 파일 크기까지 시행하였다. 근관 성형 전·후 이미지를 스캐너를 이용하여 얻고 Photoshop 7.0 프로그램을 이용하여 중첩하였다. 이미지 분석 프로그램을 이용하여 치근단 쪽에서부터 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 및 10 mm 부위의 내·외측 폭경 변화와 총폭경 및 근관의 중심축에 대한 근관 변위를 측정하였다. 각 부위에서 내·외측 폭경과 총폭경 및 근관 변위의 유의성 검정을 위해 one-way ANOVA 분석을 시행하였으며 각 기구간의 유의성 검정은 Scheffe's test로 사후 분석하였다. 또한 기구의 변형과 파절 여부를 평가한 결과 엔진 구동형 니켈-타이타늄 파일인 ProFile과 ProTaper를 사용하여 근관성형시 수동형 스테인레스 스틸 파일인 K-Flexofile에 비해 근관의 변위를 적게 유발하고 특히 ProFile이 근관 성형시 바람직한 기구임을 시사하였다.

주요어: 니켈-타이타늄 파일, 근관만곡, 만곡형 레진블럭, ProFile, ProTaper, K-Flexofile