

## 1

## 근단부 성형 크기에 따른 다양한 전동 니켈티타늄 파일의 중심 변위를 및 만곡도 감소 비교

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실  
대학원생 곽상원, 조교수 박정길, 교수 허복, 조교수 김현철\*

## ABSTRACT

### Comparison of the centering ratio and canal curvature reduction according to the apical preparation size using various NiTi rotary instruments

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University  
Sang-Won Kwak, Jeong-Kil Park, Bock Hur, Hyeon-Cheol Kim\*

The purpose of this study was to compare the centering ratio and reduction of canal curvature according to the preparation sizes of #30, #40 and #50 using three rotary NiTi instruments which have different shaft tapers.

Seventy-two simulated root canals in clear resin blocks (Endo Training Bloc; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) were divided as following 3 groups according to the file system; the 24 canal blocks prepared with each of ProTaper Universal system (Group P), LightSpeed eXtra system (Group L), and K3 (Group K). The pre- and post-instrumented root canals were scanned and superimposed to evaluate and calculate the centering ratio and reduction of canal curvature. Mean scores of each group were statistically analyzed using one-way ANOVA and Duncan's multiple range test for post-hoc comparison. The results were as followings:

1. Group L showed better centering ratio, followed by K and P. And all experimental groups generally showed increasing tendency of centering ratio as the apical size was increasing from #30 to #50, except at 1 mm level of group P where showed reducing tendency of centering ratio. The smaller the ratio, the better the instrument remained centered in the canal.
2. Group P showed more decrease of canal curvature at all apical shaping size ( $p < 0.05$ )

Under the conditions of this study, the shaft design could affect the quality of canal shaping and the smooth taperless flexible (LightSpeed) shaft design was capable of preparing canals with good morphological characteristics in curved canals.

**Key words :** LightSpeed eXtra, ProTaper Universal, K3, shaft taper, centering ratio, Canal curvature

\*본 연구는 2009년도 부산대학교병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음

\*Corresponding Author : Hyeon-Cheol Kim, DDS, MS, PhD

Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry School of Dentistry, Pusan National University,  
1-10, Ami-dong, Seo-gu, 602-739, Busan, Korea Tel: 051-240-7978 E-mail: golddent@pusan.ac.kr

## 서론

근관 내 기구 조작의 목적은 근관의 변위나 ledge, 천공 등의 술자의 부주의로 생길 수 있는 잘못된 성형 없이 효과적인 세정과 충전을 위해 적절한 깔때기 모양의 근관을 얻는 것이다<sup>1)</sup>. 니켈티타늄 합금으로 만든 근관 성형 기구는 스테인레스스틸 기구의 한계를 극복하기 위해 고안되었으며, 스테인레스스틸 기구에 비해 성형 시 근관의 원래 형태 및 근단공의 위치나 모양을 잘 유지한다고 알려져 왔다<sup>2)</sup>. 또, 니켈티타늄 기구는 스테인레스스틸 기구에 비해 약 두 세배 정도 더 유연하며, 파절에 이르는 최대 토크가 더 우수하다<sup>3~6)</sup>.

다양한 니켈티타늄 기구가 현재 시판되고 있다. 대부분의 니켈티타늄 파일 시스템은 샤프트 디자인이나, 삭제날의 각도, 라디알 랜드 등의 고유한 형태적 특징을 가지며, 이러한 특성에 의해 근관 성형 시 특히 근관 중심의 변위나 직선화 등이 다르게 나타난다.

K3 니켈티타늄 파일(SybronEndo, West Collins, CA, USA)은 대부분의 파일과 마찬가지로 기구내에서는 일정한 샤프트의 경사도를 가진 파일로, 횡단면에서 3개의 비대칭적인 라디알 랜드를 가진 것이 특징적이다<sup>8)</sup>. 제조사에 의하면 Relief가 없는 3번째 라디알 랜드는 근관 내에 파일이 박혀 비틀어지는 것을 예방하고, 기구를 안정화하여 너무 많은 확대가 이루어지는 것을 예방한다고 한다<sup>8)</sup>. K3 파일은 유연성을 증가시키기 위해 고안된 다양한 코어 직경을 특징으로 하며, ledge나 근관 변위, 천공을 줄이기 위한 safe-ended tip을 가지고 있다<sup>8,9)</sup>. 몇몇 연구에서 K3 기구가 최소의 근단 변위를 유발하는 것을 보여주었다<sup>10,11)</sup>.

ProTaper 시스템(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)은 한 파일의 샤프트 내에 다양한 경사도를 가지고 있으며 횡단면이 불룩한 삼각형 모양을 특징으로 한다. 최근 개발된 ProTaper Universal 시스템은 원래 디자인의 변형을 통하여 유

연성을 더욱 향상시켰다<sup>12)</sup>. ProTaper Universal 시스템은 3개의 shaping file(Sx, S1, S2)와 5개의 finishing file(F1, F2, F3, F4, F5)로 구성되어 있다. S 시리즈와 F1에서는 예전과 유사한 삼각형 형태의 단면 디자인을 가지지만, F2, F3, F4, F5는 삼각형 단면의 각 변 가운데에 홈이 패인 형태를 부여하여 유연성을 더욱 향상시켰다. 또 다른 특징으로 파일 샤프트 상부에 작은 경사도를 부여함으로써 파일의 유연성 보강과 함께 근단부 성형 시 근단부로부터의 축각을 더 잘 유지할 수 있게 고안되었다. 이러한 변화로써, 제조사는 파일이 전 길이에 걸쳐 더 유연해졌다고 주장한다. 이러한 새 ProTaper Universal 시스템이 과거 ProTaper 시스템에 비하여 더욱 유연해졌음이 김 등<sup>13)</sup>의 유한요소 연구에 의해서도 증명되었다.

또 다른 하나의 특이한 파일 시스템으로, LightSpeed(Lightspeed Technology, Inc., San Antonio, TX, USA) 시스템이 있다. 이는 삭제날이 없는 둥근 샤프트와 약 1~2mm의 작은 삭제 말단을 갖는 파일이다. 제조사는 이 파일의 샤프트가 경사도가 없고 삭제 말단보다 작은 직경의 둥근 단면 샤프트를 가짐으로써 유연성이 증가되었다고 주장한다<sup>14)</sup>. LightSpeed 기구는 특히 근관 침투를 크게 성형할 때도 원래의 근관 만곡을 안전하고도 효과적으로 잘 유지한다고 보고되었다<sup>15~19)</sup>.

기구의 디자인이나 삭제 기술과 관계 없이, 근관 성형의 과정은 근관 벽으로부터 상아질의 제거를 동반하게 된다<sup>20)</sup>. 만곡 근관의 경우, 전동 파일의 사용 결과 만곡의 외측 방향으로의 과도한 상아질 제거가 일어나게 되어 근관 변위가 나타나게 된다<sup>21)</sup>. Weine 등<sup>22)</sup>은 모든 파일은 만곡된 근관을 직선화하는 경향이 있으며 대부분의 기구 조작은 만곡된 근관에서 근단부 변위를 야기한다고 하였다. 이는 성공적인 치근단 봉쇄를 얻기 힘들게 하고, 이러한 근단부 변위는 기구의 크기가 증가할수록 더 커질 것이다.

이번 연구의 목적은 서로 다른 샤프트의 특징적 형

태를 가진 3가지 전동 니켈티타늄 파일(LightSpeed eXtra, ProTaper Universal, K3)을 이용하여 근단부 크기를 30, 40, 50번으로 확대한 것에 따른 근관 변위 및 만곡도의 감소량을 비교하는 것이다.

### 연구 재료 및 방법

#### 1. 모조 근관, 성형 기구 및 방법

Schneider법에 따른 약 40도의 만곡과 16mm의 근관장을 갖는 72개의 J형 레진 블록 모조 근관(Endo Training Bloc; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였다. 레진 블록 근관은 성형 기구와 방법에 따라 그림 1에서처럼 세 그룹으로 구분되었다. 각각 ProTaper Universal 시스템으로 성형한 P군, LightSpeed 시스템에 의한 L군, K3 system에 의한 K군으로 나누고 각 군마다 24개의 레진 모조 근관을 성형하였다.

한 명의 보존과 전공의가 전 실험 시편 근관을 성형하였다. 각 군의 성형 방법에 따른 파일 사용 순서도 그림 1에 나타냈다. 근관 성형 시에는 torque-control motor (Aseptico, Advena Ltd., Hereford, UK)를 사용하였다. ProTaper Universal 와 K3를 위해 각 회전수 300rpm과 토크 2.4N를, LightSpeed를 위해 2500rpm 및 2.0N를 사용하였다. 성형 과정 동안 #10 K-file를 사용하여 근관의 개방성을 확인하였으며 RC-prep (Stone Pharmaceuticals, PA, USA)을 사용하여 윤활시키고 매번 파일 사용 시마다 식염수로 세척하였다. 각 군의 파일은 단 한 근관의 성형만을 위해서 사용하고 폐기하였다.

#### 2. 이미지 채득

수용성 메칠렌블루 염색액을 성형 전 근관 내에 주입하고 근관의 이미지 대조도를 높였다. 근관 성형 전

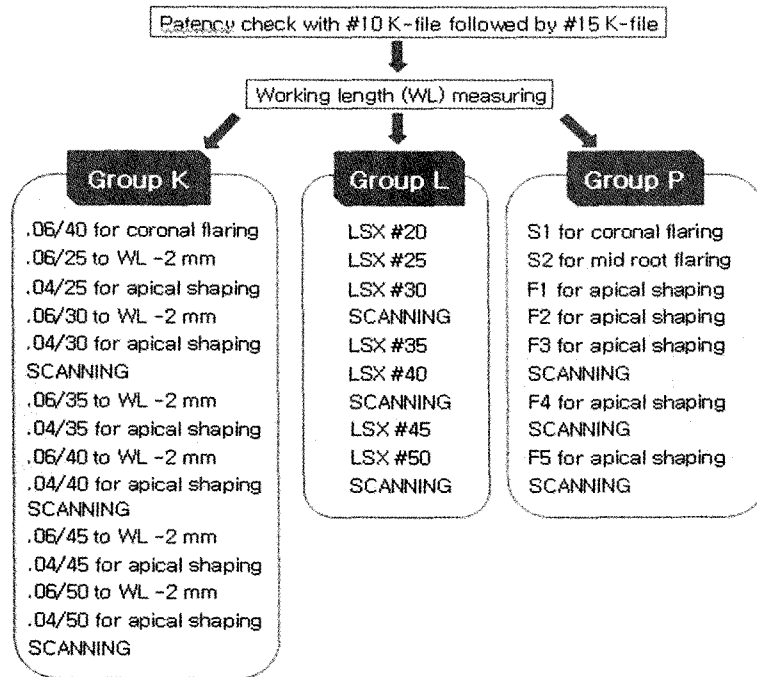


그림 1. 실험군 및 근관 성형 과정

에 레진 블락에 표식을 붙이고 재연이 가능한 자리에서 스캐너(Scanjet; C8510A, Hewlett-Packard, CA, USA)로 술전 이미지를 스캔하고 저장하였다.

근단부를 30번까지 확대하고 근관에 Vitapex (Neo Dental Chemical Products co., LTD, Tokyo, Japan)를 주입하고 스캐너로 다시 술후 이미지를 채득하였으며 이 과정을 근단부를 40번과 50번까지 확대 후 동일하게 시행하였다. 모조 근관 블락에 부착한 표식을 참조로 하여 삭제 전 근관 이미지와 삭제 후 근관 이미지를 완전히 겹쳐지도록 Photoshop (Adobe, San Jose, CA, USA) 프로그램을 이용하여 중첩시켰다(그림 2). 이 중첩 이미지 (2944 × 1096 pixel size)를 1680 × 1050 해상도의 TFT-LCD 모니터(TopSync OR2200W; Samsung, Suwon, Korea)에서 평가하였다.

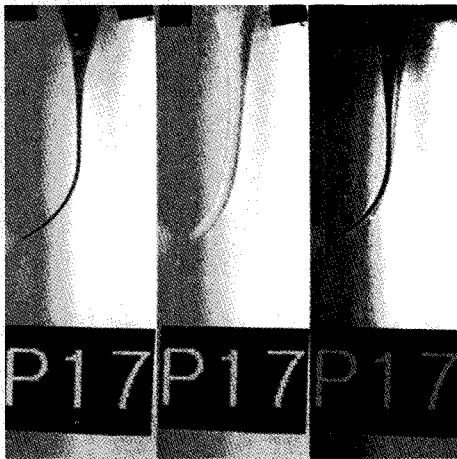


그림 2. 성형 전(좌), 성형 후(중) 및 중첩(우) 이미지에(P근 레진 근관).

### 3. 평 가

근관 성형 효율을 비교하기 위해 근단부를 30, 40, 50번까지 확대하여 각각에 대한 근관의 중심변위율,

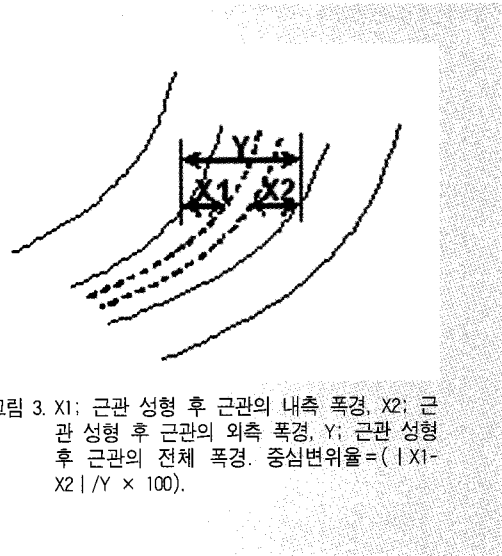


그림 3. X1: 근관 성형 후 근관의 내측 폭경, X2: 근관 성형 후 근관의 외측 폭경, Y: 근관 성형 후 근관의 전체 폭경. 중심변위율 =  $(|X1 - X2| / Y \times 100)$ .

근관 만곡도 감소를 측정 및 산출하였다.

#### 3-1. 근관 중심변위율

근관 성형 후의 근관 중심이 이동된 양을 평가하기 위해 근관중심 변위율을 산출하였다. 비율이 낮을수록 기구의 근관의 중심을 잘 유지하는 것을 의미한다. 치근단으로부터 1.3mm에서 수평적으로 근관 삭제량을 측정하고 다음 방법에 따라 중심변위율을 산출하였다:

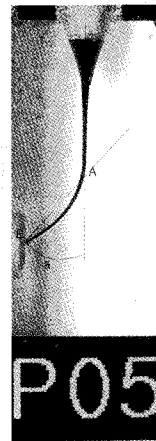


그림 4. 근관의 만곡도 측정(Schneider법): 치관측으로부터 수직으로 내려오는 선과 A점(근관의 중심선이 교차되는 점)과 B점(치근단의 중심부)을 이은 선간의 각도

근관 변위량의 절대값(내외측 근관 삭제량의 차이) / 근관 성형 후 근관 전체 폭경 (그림 3).

### 3-2. 근관 만곡도 감소

근관 성형 후에는 근관 직선화에 의해 근관 만곡도의 감소가 나타난다. 근관 성형 전후의 만곡도를 Schneider법<sup>23)</sup>으로 측정하여 감소량을 산출하였다 (그림4).

### 3-3. 통계 분석

측정 및 산출한 데이터는 SPSS ver. 12.0 K (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계 처리하였다. 일원분산분석과 사후검증 Duncan test를 이용하여 95% 신뢰도(p<0.05)로 각 군간의 차이를 평가하였다.

## 연구 결과

### 1. 근관 중심변위를

그림 5는 삭제 전의 근관과 근단부를 50번까지 확대한 후의 중첩 이미지이다.

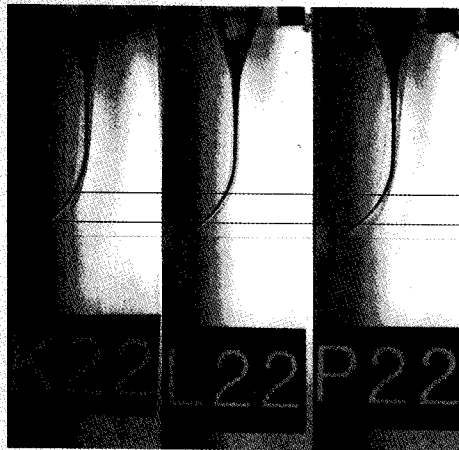


그림 5. 측정 군의 중첩 이미지 (K군의 K22, L군의 L22, P군의 P22 및). 수평선은 근첨공 레벨 (AF)에서부터 1.3mm 측정 위치.

삭제 기구에 따라서는, L군, K군, P군 순서로 중심 변위율이 작게 나타났다. 1mm 레벨에서 K군은 치근단이 30번에서 40번까지 확대되었을 때 P군보다 작은 중심변위율을 나타내었지만, 치근단 성형 크기가 50번으로 확대됨에 따라 K군은 P군보다 큰 중심변위율을 나타내었다. 반면, 3mm에서 K군은 P군보다 더 작은 중심변위율을 나타내었다(표 3).

근단부 삭제 크기에 따라서는, 모든 위치에서 모든 실험군이 근단부 크기가 커짐에 따라 중심변위율이 증가하는 것이 나타났으며, 예외적으로 1mm 위치에서 P군만 중심변위율이 작아지는 것이 나타났다(표 3).

표 3. 근관 성형 후 근관 중심변위율(%: 평균±표준편차)

Group	K	L	P
Level Apical size			
30	29.36±12.02Ba	21.04±6.77Aa	50.04±6.83Cb
1mm	40 43.19±10.79Bb	33.83±7.23Ab	48.75±9.46Cb
50	47.33±8.73Cb	30.37±11.82Ab	38.41±13.20Ba
30	9.55±6.63Aa	8.07±6.72Aa	17.72±8.74Ba
3mm	40 18.65±9.32Bb	9.35±6.65Aa	29.89±11.40Cb
50	35.13±8.33Bc	11.71±9.54Aa	43.92±9.10Cc

Different letter indicates significant differences between groups in horizontal row (ABC; between file systems) and in vertical column (abc; between apical shaping size) (p < 0.05).

### 2. 근관의 만곡도 감소

근단부를 30, 40, 50번으로 삭제 후에, 근단부 성형 크기에 따른 유의한 근관의 만곡도 감소의 차이는 나타나지 않았다. 삭제 기구에 따라서는 K군과 L군간

표 4. 근관의 만곡도 감소(도; 평균±표준편차)

Group	K	L	P
Apical size			
30	1.13 ± 1.19a	0.79 ± 0.66a	2.79 ± 1.25b
40	1.00 ± 0.98a	0.71 ± 0.86a	2.88 ± 1.42b
50	1.00 ± 1.22a	0.50 ± 0.72a	3.13 ± 1.23b

abc; Different letter indicates significant differences between instrument groups in horizontal row of each size of apical preparation (p < 0.05).

의 유의한 차이는 나타나지 않았지만, P군은 모든 크기의 근단부에서 더 큰 만곡도의 감소를 나타내었다( $p < 0.05$ ) (표 4).

## 총괄 및 고찰

근관의 기구 조작 동안에 근관의 원래 형태를 유지하고, 연속적인 경사를 가지는 깔때기 모양을 형성하는 것이 중요하다<sup>9</sup>. Ledge, 변위, 천공과 같은 몇몇 임상적인 문제는 근첨부 근관으로 세정액이 들어가는 것을 제한하고 미생물의 충분한 제거를 힘들게 한다. 니켈티타늄 기구는 위에서 말한 몇몇 임상적인 문제의 발생을 줄여왔다<sup>24</sup>. 현재 다양한 니켈티타늄 기구가 시판되고 각각 특징적인 디자인과 특성을 지니며, 이에 대한 많은 비교 연구가 보고되어 왔다<sup>9,11</sup>.

이번 연구의 목적은 서로 다른 샤프트 형태를 가진 3가지 니켈티타늄 파일을 사용하여 레진 블락 모조 근관을 이용하여 근단부 성형을 30, 40, 50번까지 한 것에 따른 근관 성형 시의 중심변위를 및 근관만곡도 변화를 비교하기 위함이다.

이번 연구에서 사용된 레진 블락 내의 모형 근관은 표면 질감, 경도 및 단면적에서 차이가 나므로 실제 치아 근관에서 기구의 작용과 완벽히 동일하지는 않다. 그러나 투명한 레진 블락 내의 모형 근관을 사용하는 것의 장점은 근관의 형태, 크기, 경사, 만곡도가 표준화되어 서로 다른 기구의 성형 능력을 직접 비교하는 것을 가능하게 하는 것이다<sup>25,26</sup>.

이번 실험에서 사용된 3가지 파일은 샤프트 디자인 측면에서 서로 다른 경사도가 특징적이다. ProTaper universal 시스템은 하나의 파일 샤프트 내에서 경사도가 점차 변화하는 특이한 형태를 가지고 있다. ProTaper의 shaping 파일의 점진적으로 증가하는 경사도는 taper lock effect를 줄이면서 파일 중간부위에서 치근단으로의 유연성을 증가시키는 반면, finishing 파일의 큰(7%, 8%, 9%) 경사도는 파일

의 강도를 향상시키지만 다소 뺏뺏해 지는 것을 유발하였다<sup>10</sup>. K3 파일은 다양한 helical flute angle과 코어 직경을 가진 비대칭성의 단면의 일정한 경사도를 가진 능동형 파일이다. Lightspeed 파일은 경사도와 삭제날이 없는 등근 샤프트에 짧은 삭제 팁을 가지며 다른 니켈티타늄 파일과 디자인에서 많은 차이가 있다. 이 파일은 경사도가 없는 샤프트를 가지므로 더 유연하며 근관벽과의 접촉 없이 근관 만곡을 잘 따라 들어가도록 고안되었다.

근관 중심변위율의 측면에서 3가지 파일을 비교해 볼 때, ProTaper가 가장 큰 중심변위율 값을 나타내었다. 이러한 결과는 ProTaper의 형태적 특성에 의해 설명된다. ProTaper finishing 파일의 큰 경사도는 동일한 팁 크기의 다른 파일 시스템과 비교했을 때 근첨 부위에서 특히 더 두껍고 뺏뺏해지게 되고 따라서 근관 만곡의 외측으로 변위를 유발할 수 있다. 이러한 문제를 예방하기 위해 Griffiths 등<sup>27</sup>은 만곡 근관의 깊은 곳에서는 임상가들이 크고 뺏뺏한 파일의 사용을 자제할 필요성이 있다고 하였다. 전반적으로 중심변위율 값은 ProTaper, K3, LightSpeed 순으로 크게 나타났지만, K3역시 LightSpeed에 비해 큰 값을 나타내었다. 그 이유는 파일 크기가 증가함에 따라 코어 직경이 증가하여 K3의 유연성이 감소된 것처럼 보인다. 반면 LightSpeed는 모든 레벨에서 가장 작은 중심변위율 값을 보여주었다. 이런 특성은 LightSpeed의 경사도가 없는 구조와 관계가 있는 것처럼 보인다. 삭제 날이 없는 pilot tip이 근단부에서 근관의 바깥 면으로 변위를 쉽게 야기하지 않는다는 것은 명확하다. 또한 삭제날이 없는 샤프트가 삭제하지 않으므로 근관 만곡부의 내측을 따라 나타날 수 있는 과도한 삭제 경향이 적다<sup>28</sup>.

근단부 삭제량이 30번에서 50번으로 커질수록, 3가지 실험 파일 모두 중심변위율의 유의한 증가를 나타냈다. 이것은 파일의 크기 즉, 직경이 굵어짐에 따라 더 뺏뺏해 진다는 것에서 기인한다. 1mm 레벨에서

P군은 가장 큰 중심변위를 나타내었고 이것은 근첨부 확대가 30에서 50번으로 확대됨에 따라 오히려 감소하였다. 이것은 첫번째 finishing 파일인 F1이 다음에 사용되는 F 시리즈 파일보다 더 많은 치근단 변위를 일으킬 수 있음을 유추할 수 있다.

근관의 중심변위는 기구의 크기에 따른 뺏힘 때문에 치근단 성형 크기에 따라 다양하게 나타난다. 이번 실험에 사용된 3가지 파일은 서로 다른 샤프트 디자인을 가지는데, 이에 따른 근관의 삭제량이나 변위에서 서로 차이를 나타냈다. 파일 샤프트의 단면이 굵어지면 관성 모멘트(moment of inertia)가 커지고 따라서 bending stiffness가 증가함에 따라 탄성력이 감소한다<sup>6)</sup>. 파일이 힘에 따라 반응력(reaction force)이 증가하며, 이것 때문에 더 많은 변위를 유발할 것으로 보인다<sup>29)</sup>. 이러한 점은 가장 가는 샤프트를 가진 LightSpeed가 가장 적은 변위를 보이는 것을 설명한다. LightSpeed의 파일 크기가 증가함에 따라 샤프트도 굵어지므로 중심변위의 증가가 나타났지만, LightSpeed는 경사도가 없는 길고 얇은 샤프트를 가지므로 니켈티타늄 합금의 유연성을 잘 유지할 수 있어 다른 파일 시스템에 비하여 여전히 작은 중심변위를 나타내었다. 반면 ProTaper와 K3는 파일 크기가 커짐에 따라 더 뺏힘해 지므로 중심변위가 더 커졌을 것이다. 따라서 적절한 파일 샤프트의 경사도(형태)나 굵기 등을 고려하여 파일을 선택함으로써, 특히 만곡근관에서 근관 변위를 최소화하면서 니켈티타늄 파일의 효율성을 높일 수 있을 것이다.

근관 만곡도 감소에 관해서는, 예상한 것처럼 ProTaper가 가장 많은 근관 각도의 감소를 보였다. ProTaper는 특히 상부 근관에서 가장 많은 직선화 경향을 보여주었지만, 근관의 근첨부에서도 많은 변위를 나타냈다. 따라서 ProTaper의 근관 성형의 임상적 효율, 즉 근첨부로의 직선적 접근 등은 근관 상부의 확대함으로 향상될 수 있지만, 여전히 파일 첨부의 뺏힘 때문에 근단부 성형에서 단점을 지닌다. 반면

LightSpeed가 가장 작은 직선화 경향을 나타냈으며 이것은 앞서 말한 것과 같은 이유로 만곡된 근관을 변형 없이 가장 잘 따라 들어가는 것을 보여준다. 그러나, 근관의 만곡도를 잘 유지함과 동시에 상부 근관의 불충분한 확대로 인해 근관 만곡의 하방으로 접근성이 제한되는 단점 역시 발생할 수 있다.

기대한 것과 같이 근단부 성형 시의 크기가 변함에 따라 각 파일은 중심변위율과 근관 만곡도의 감소에서 차이를 보여주었다. 3가지 file 중 LightSpeed가 근관의 중심변위율 면에서 우세한 장점을 가지지만, 여전히 근관의 전반적인 삭제의 부족과 같은 문제점이 존재하며, 이것은 특히 근관의 상층부에서 그러하다. 이것은 세정액 흐름, 잔사의 제거, 충전의 어려움과 같은 임상적인 문제를 야기한다<sup>30)</sup>. 이것은 step-back 방법이나 다른 파일과 함께 혼용 사용함(예; Hybrid technique)으로써 해결할 수 있을 것이다. Step-back technique은 근첨부에서 0.5~1mm 씩 점진적으로 MAF보다 한 단계씩 큰 파일을 이용하여 25번 크기만큼 더 확대 하여 얻을 수 있다<sup>31)</sup>. Hybrid technique은 큰 경사도를 가진 파일로 상부 근관을 확대한 후 중심변위율이 작은 파일로 근단부를 성형하는 방법으로 각 파일의 장점을 최대화할 수 있다<sup>31,32)</sup>. 이 실험에 기초하여 위에 언급했던 LightSpeed 시스템 단독 사용의 문제는 상부 근관 확대가 훌륭한 ProTaper의 S 시리즈와 중심변위율이 작은 LightSpeed의 혼용사용으로 해결할 수 있을 것이다.

## 결론

이번 연구의 조건하에서, 3가지 실험 파일 중, 샤프트가 점진적으로 증가하는 경사도를 가지는 ProTaper, 일정한 경사도를 가지는 K3, 경사도가 없는 LightSpeed 순서로 큰 중심변위율과 근관 만곡의 감소 값을 나타내었다. 샤프트 디자인은 근관 성형 능력에 영향을 미칠 수 있으며, 경사도가 없는 얇고

유연한 샤프트 디자인(LightSpeed)이 만족된 근관에서 유리하게 작용할 수 있다. 각 파일의 특성을 고려

한 다양한 파일의 혼용 사용법이 추천된다.

### 참고 문헌

- Schilder H, Yee FS. Canal debridement and disinfection. In: Cohen S, Burns RC, eds. *Pathways of the Pulp*, 3rd ed. St. Louis : MO Mosby 1984;175p.
- Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod* 2001;27:124-127.
- Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1998;14(7):346-351.
- Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004;30(6):432-435.
- Chen JL, Messer HH. A comparison of stainless steel hand and rotary nickel-titanium instrumentation using a silicone impression technique. *Aust Dent J* 2002;47(1):12-20.
- Garip Y, Gunday M. The use of computed tomography when comparing nickel-titanium and stainless steel files during preparation of simulated curved canals. *Int Endod J* 2001;34(6):452-457.
- Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod* 1995;21(3):146-151.
- K3 Endo overview. 2002. Available at: <http://www.SybronEndo.com>.
- Bergmans E, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with Ni-Ti rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001;14(5):324-333.
- Ayar L, Love R. 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;37:593-601.
- Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36(4):288-295.
- Kim TO, Cheung GSP, Lee JM, Kim BM, Hur B, Kim HC. Stress distribution of three Ni-Ti rotary files under bending and torsional conditions using a mathematic analysis. *Int Endod J* 2009;42:14-21.
- Kim HC, Cheung GS, Lee CJ, Kim BM, Park JK, Kang SI. Comparison of forces generated during root canal shaping and residual stresses of three nickel-titanium rotary files by using a three-dimensional finite-element analysis. *J Endod* 2008;34(6):743-747.
- Lightspeed recommended technique guide. San Antonio, TX: Lightspeed Technology 1994.
- Thompson SA, Dummer PH. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod* 1997;23(11):698-702.
- Thompson SA, Dummer PH. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *J Endod* 1997;23(12):742-747.



## 참고 문헌

17. Portenier IF, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *Int Endod J* 1998;31(2):103-111.
18. Tharuni SL, Parameswaran A, Sukumaran VG. A comparison of canal preparation using the K-file and Lightspeed in resin blocks. *J Endod* 1996;22(9):474-476.
19. Knowles KI, Hammond NB, Biggs SG, Ibarrola JL. Incidence of instrument separation using LightSpeed rotary instruments. *J Endod* 2006;32(1):14-16.
20. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18(2):269-296.
21. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal Transportation after Root Canal Instrumentation: A Comparative Study with Computed Tomography. *J Endod* 2007;33(8):962-965.
22. Weine FS, Kelly RF, Lio PF. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975;1(8):255-262.
23. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 1971;32:271-275.
24. Cohen S, Hargreaves KM. Cleaning and shaping root canal systems. *Pathways of the pulp*. 9th ed. St. Louis : MO Mosby 2006;306p.
25. Dummer PMH, Alodeh MHA, Al-Omari MAO. A method for the construction of simulated canals in clear resin blocks. *Int Endod J* 1991;24(2):63-66.
26. Tharuni SL, Parameswaran A, Sukumaran VG. A Comparison of Canal Preparation Using the K-File and Lightspeed in Resin Blocks. *J Endod* 1996;22(9):474-476.
27. Griffiths IT, Bryant ST, Dummer PM. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec LX rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J* 2000;33(4):346-354.
28. Thompson SA, Dummer PH. Shaping Ability of Lightspeed Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated Root Canals. Part 2. *J Endod* 1997;23(12):742-747.
29. Turpin YL, Chagneau F, Bartier , Cathelineau G, Vulcain JM. Impact of torsional and bending inertia on root canal instruments. *J Endod* 2001;27(5):333-336.
30. Thompson SA, Dummer PH. Shaping Ability of Lightspeed Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated Root Canals. Part 1. *J Endod* 1997;23(11):698-702.
31. Barbakow F. The LightSpeed System. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):113-135.
32. Walsch H. The hybrid concept of nickel?titanium rotary instrumentation. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):183-202.