

## PROFILE을 이용한 만곡 근관 형성시 근관의 형태에 관한 연구

박한수 · 이민구 · 김종진 · 이종열  
성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 치과

### ABSTRACT

#### A STUDY ON THE SHAPE OF A CANAL PREPARED WITH PROFILES IN A CURVED CANAL

Han-Soo Park, D.D.S., Ph. D., Min-Koo Lee, D.D.S., Ph. D.,  
Jong-Jin Kim, D.D.S., M.S., Jong-Yeop Lee, D.D.S., Ph. D.

*Department of Dentistry, Kangbuk Samsung Hospital, College of Medicine, Sungkyunkwan University*

The purpose of our study is to evaluate the ability of nickel-titanium(NiTi) files in maintaining the original curvature of a curved root canal during canal preparation. Curved canals on translucent resin blocks were prepared with Profiles and stainless steel files and they were placed at the platform which can reproduce the same position. The unprepared and prepared canal forms were accurately compared by double exposure technique of photography.

The results were as follows :

1. NiTi files made a canal comparatively taper, but stainless steel files didn't make a canal taper, widest at midportion and comparatively wide at a apical portion.
2. Canals preparations with no. 25 Profile.06 up to the working length were most excellent in taperness and in maintaining the original curvature. Canals prepared with no. 30 Profile.06 up to the working length made a little outer transportation at a apical portion, but not severe.
3. Canal preparations with Profile GT were excellent in taperness and in maintaining the original curvature, but made more enlargement toward the inner side at the starting portion of the curvature
4. Canal preparations with stainless steel files were not tapered and provided the largest transportation.

### 1. 서 론

성공적인 근관치료를 위해서는 정확한 근관형성 및 소독, 치밀한 근관충전을 행하여야 하며, 근관형성 과정은 근관세척과 더불어 근관내 감염원의 제거와 적절한 충전을 가능하게 하는 근관치료의 중요한 단계이다<sup>1,2</sup>. 근관의 만곡도가 증가할수록 근관형성시 근관이 직선화되면서 생기는 ledge, zip, perforation, strip, canal transportation 등의 가능성이 커져서 이상적인 근관형성을 하는데 많은 어려움이 따르게 된다<sup>3,4</sup>. 만곡된 근관의 근관형성방법으로는 step-back 방법, balanced-force 방법<sup>5</sup>, step-down 방법<sup>6</sup> 등이 있다. 그러나 Weine<sup>7</sup>에 의하면 파일을 미리 구부린(pre-curved) 것이나 그렇지 않은 것이나 모두 만곡된 근관을 직선화시키는 경향이 있으며 근관형성 기구나 방법과는 무관

하게 근관형성이 완료된 근관은 원래의 형태나 방향을 유지할 수 없다고 하였고, 다른 많은 연구가들도 파일의 크기가 증가하게 되면 근관이 직선화되는 것을 피하기 어렵다고 하였다<sup>8,9</sup>.

1975년 Civjan<sup>10</sup>이 근관치료 영역에 nickel-titanium(NiTi) 합금의 도입을 제안한 이래, 1988년 Walia<sup>11</sup>에 의해 Nitinol, 즉 탄성률이 상당히 낮은 nickel-titanium 합금으로 근관형성용 파일을 제작하는 기술적 진보를 이루게 되었다. 15번 NiTi 파일은 같은 크기의 stainless steel 파일보다 bending과 torsion에서 탄성적 유연성(elastic flexibility)이 두 배에서 세 배에 이르는 것으로 알려져 있다. 근관치료용 파일의 유연성은 중요한 특성으로서, 유연한 파일일수록 만곡 근관에서 근침부까지 더 잘 도달하는 경향이 있으며, 만곡 근관을 직선화시키거나 ledge, zip,

perforation 등을 유발할 가능성이 더 적은 것으로 나타났다<sup>4)</sup>.

NiTi 파일로 만곡된 근관을 근관형성시 근관을 직선화시키는 경향에 관하여 stainless steel 파일에 비해 유의할 만한 차이가 없다는 보고<sup>15) 16)</sup>도 있으나 대부분의 연구가들<sup>17-25)</sup>은 NiTi 파일에서 더 좋은 결과를 보인다고 보고하였다. 그러나 이들은 만곡된 근관내에 있는 파일의 각도<sup>17-20)</sup> 또는 근관의 폭경<sup>21)</sup>을 측정하거나 컴퓨터 프로그램<sup>22) 23)</sup>, computed tomography<sup>24)</sup> 등을 이용하여 근관형성 전후의 근관의 형태를 비교하였는데, 이러한 방법들은 측정하거나 근관형성 전후의 필름을 겹치는 과정에서 오차가 많으며, 근관형성된 모양을 정확히 비교할 수 없는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 같은 위치에서 찍은 근관 형성 전후의 두 상을 한 장의 필름에 담은 사진의 이중노출 기법을 이용함으로써 근관형성 방법에 따른 형성 전후의 근관 형태의 변화를 분석하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

만곡 근관의 근관형성을 비교하기 위한 실험재료로는 만곡을 가지면서 근관모양을 잘 보여 주는 투명한 Endo Training-Bloc(model 015-035, Densply, CH-1338, Ballaigues, Swiss) 레진블럭<sup>26)</sup>을 사용하였다. 근관형성 기구로는 Profile.06(Maillefer, Ballaigues, Swiss), Profile GT(Tulsa, U.S.A.) 그리고 stainless steel 파일인 K-flexofile(Maillefer, Ballaigues, Swiss)을 사용하였다. Profile의 경우에는 저속 엔진을 이용하여 Crown-down 방법으로 근관을 형성하였고, K-flexofile의 경우에는 step-back방법을 사용하였는데 이 때 25번 파일로 근관장까지 형성하고 파일의 굵기가 증가함에 따라 1mm씩 짧게 근관을 형성하였다. Profile.06을 근관장까지 25번 크기로 형성한 경우를 P군, Profile GT를 사용한 경우를 G군, Profile.06를 30번 크기까지 사용한 경우를 P30군, K-flexofile을 사

용한 경우를 S군으로 분류하였다.

근관형성 전후의 모양을 정확히 비교하기 위하여 레진블럭을 고정하는 부분과 사진기(Nikon F801s, AF MICRO NIKKOR 105mm, TOPAZ close up lens, Tokyo, Japan)를 재현성있게 위치시키는 부분이 한 몸으로 연결된 고정틀을 제작하여 사용하였고, 사진촬영술 중에서 이중노출기법을 이용하여 근관형성 전후의 모양을 동일한 슬라이드 필름상에 찍히도록 하여 비교하였다.

이때 근관형성 전후의 두 상이 정확히 겹치는지의 여부를 확인할 수 있도록 레진블럭에 레터링(lettering)표시를 하였고, 근관형성 전에는 불투명한 잉크를, 근관형성 후에는 색깔있는 투명한 잉크를 레진블럭의 근관내에 주입하여 근관형성 전후의 모양이 동일한 슬라이드 필름상에서 정확하게 비교되도록 하였다. 이 슬라이드 필름을 프로젝터를 이용하여 벽에 투사시켜 실제상보다 20배 확대시킨 상태에서 근침으로부터 각각 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7mm 지점에서의 만곡 외측으로의 확대량, 만곡 내측으로의 확대량, 형성 전의 근관 폭경을 버어니어 캘리퍼스(Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였다.

## III. 실험결과

### 1. 근관 형성 전후의 근관 폭경의 변화

만곡 외측으로 확대된 근관의 폭경은 P군의 경우 평균 0.28mm, G군의 경우 평균 0.29mm, P30군의 경우 평균 0.31mm, S군의 경우 평균 0.29mm 이었고, S군의 경우 P군, G군 및 P30군 보다 근침 1 - 2mm 부위에서는 더 크고, 근침 4 - 7mm 부위에서는 더 작은 폭경을 보였으나 유의할 만한 수준은 아니었다. P군, G군 및 P30군 간에는 거의 비슷한 양상을 보였으며, P30군의 경우 근침 1 - 3mm 부위에서 좀 더 확대되었지만 유의한 수준은 아니었다 (Table 1, Fig. 1 - 4).

**Table 1.** 형성된 근관의 만곡 외측으로의 폭경(mm)

|      | 1mm  | 2mm  | 3mm  | 4mm  | 5mm  | 6mm  | 7mm  | 평균   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P군   | 0.16 | 0.22 | 0.28 | 0.32 | 0.32 | 0.29 | 0.34 | 0.28 |
| G군   | 0.20 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.32 | 0.31 | 0.36 | 0.29 |
| P30군 | 0.24 | 0.28 | 0.32 | 0.34 | 0.33 | 0.29 | 0.34 | 0.31 |
| S군   | 0.32 | 0.34 | 0.32 | 0.34 | 0.27 | 0.20 | 0.24 | 0.29 |

**Table 2.** 형성된 근관의 만곡 내측으로의 폭경(mm)

|      | 1mm  | 2mm  | 3mm  | 4mm  | 5mm  | 6mm  | 7mm  | 평균   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P군   | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.24 | 0.33 | 0.34 | 0.21 |
| G군   | 0.19 | 0.14 | 0.15 | 0.19 | 0.28 | 0.38 | 0.41 | 0.24 |
| P30군 | 0.18 | 0.12 | 0.16 | 0.19 | 0.27 | 0.36 | 0.37 | 0.23 |
| S군   | 0.15 | 0.21 | 0.30 | 0.42 | 0.50 | 0.52 | 0.48 | 0.37 |

만곡 내측 폭경은 P군의 경우 평균 0.21mm, G군의 경우 평균 0.24mm, P30군의 경우 평균 0.23mm, S군의 경우 평균 0.37mm 이었고, S군의 경우 근침 4 - 5mm 지점에서는 P군, G군 및 P30군 보다, 그리고 근침 6mm 지점에서는 P군보다 유의하게 작았다( $P < 0.01$ ). P군, G군 및 P30군 간에는 거의 비슷한 양상을 보였으며, G군의 경우 근침 5 - 7mm 부위로 가면서 만곡 내측으로 좀 더 확대되었지만 유의한 수준은 아니었다(Table 2).

내측, 외측 폭경은 합한 근관의 총폭경은 P군의 경우 평균 0.49mm, G군의 경우 평균 0.53mm, P30군의 경우 평균 0.53mm, S군의 경우 0.66mm 이었고, S군의 경우 근침 4 - 5mm 지점에서는 P군, G군 및 P30군 보다, 근침 3

mm 지점에서는 P군과 G군 보다, 그리고 근침 1 - 2mm 지점에서는 P군 보다 유의하게 작았다( $P < 0.01$ ). P군, G군 및 P30군 간에는 거의 비슷한 정도였으며, G군의 경우 근침 5 - 7mm 부위로 가면서 폭경이 더 크게 나타났지만 유의할 만한 차이는 보이지 않았다(Table 3).

## 2. 근관형성후 근관중심축의 전이 정도

근관형성후 근침으로부터 1 - 7mm 지점에서 형성된 근관중심축으로부터 형성후 근관중심축까지의 전이는 P군의 경우 만곡 외측으로 평균 0.07mm, G군의 경우 만곡 외측으로 평균 0.04mm, P30군의 경우 만곡 외측으로 평균

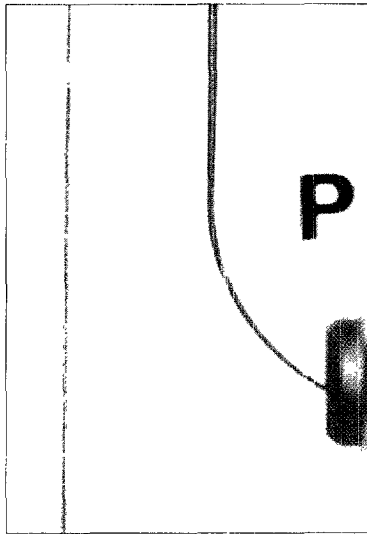


Fig. 1. P군에서의 근관형성 전후의 근관형태 변화(빨간색 짙은 부분은 형성 전의, 분홍색 옅은 부분은 형성 후의 근관의 형태임)

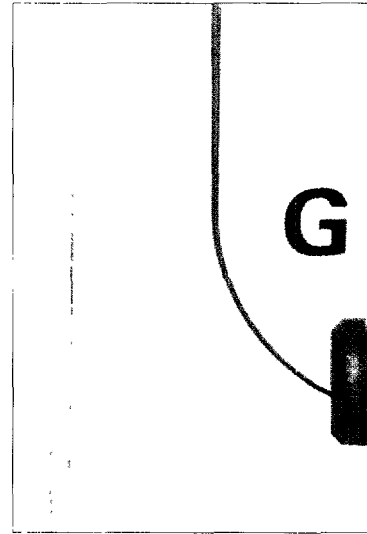


Fig. 2. G군에서의 근관형성 전후의 근관형태 변화

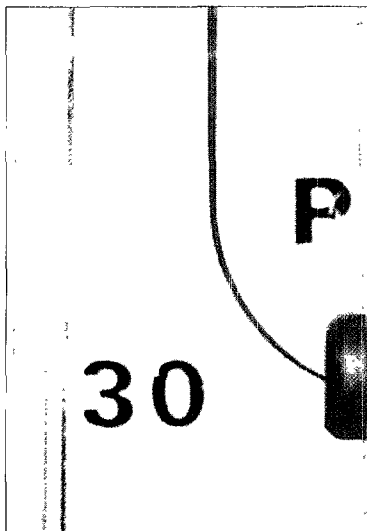


Fig. 3. P30군에서의 근관형성 전후의 근관형태 변화

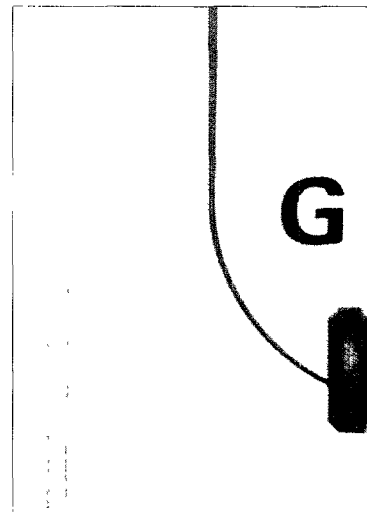


Fig. 4. S군에서의 근관형성 전후의 근관형태 변화

**Table 3.** 형성된 근관의 근관 총폭경(mm)

|      | 1mm  | 2mm  | 3mm  | 4mm  | 5mm  | 6mm  | 7mm  | 평균   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P군   | 0.27 | 0.35 | 0.42 | 0.49 | 0.56 | 0.62 | 0.68 | 0.49 |
| G군   | 0.32 | 0.40 | 0.44 | 0.51 | 0.60 | 0.68 | 0.77 | 0.53 |
| P30군 | 0.34 | 0.40 | 0.48 | 0.53 | 0.60 | 0.65 | 0.71 | 0.53 |
| S군   | 0.47 | 0.55 | 0.62 | 0.76 | 0.77 | 0.72 | 0.72 | 0.66 |

**Table 4.** 근관형성후 근관중심축의 전이 정도

|      | 1mm  | 2mm  | 3mm  | 4mm   | 5mm   | 6mm   | 7mm   | 평균    |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P군   | 0.07 | 0.09 | 0.14 | 0.16  | 0.19  | -0.03 | 0.01  | 0.07  |
| G군   | 0.08 | 0.12 | 0.14 | 0.13  | 0.04  | -0.07 | -0.04 | 0.04  |
| P30군 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.15  | 0.06  | -0.07 | -0.04 | 0.06  |
| S군   | 0.16 | 0.13 | 0.02 | -0.08 | -0.23 | -0.32 | -0.22 | -0.08 |

0.06mm, S군의 경우에는 오히려 만곡 내측으로 평균 0.08mm 이었고, 특히 S군의 경우 근침 4 - 6mm 부위에서는 P군, G군 및 P30군 보다 유의하게 만곡 내측으로 전이되었으며, 근침 7mm 지점에서는 P군보다 유의하게 만곡 내측으로 전이되었다( $P < 0.01$ )(Table 4).

#### IV. 총괄 및 고안

만곡된 근관의 근관형성 방법으로는 step-back 방법, balanced-force 방법<sup>5)</sup>, step-down 방법<sup>6)</sup> 등이 알려져 있으나 어느 방법을 사용하든지 근관형성 기구의 크기가 증가하게 될수록 만곡된 근관을 직선화시키는 경향이 있으며, 근관 원래의 형태나 방향을 유지하기 어렵다고 하였다<sup>7-11)</sup>.

Walia<sup>13)</sup>에 의해 NiTi 합금(Nitinol)으로 된 파일의 우수한 유연성에 대해 소개된 이후 NiTi 파일의 여러 가지 성질에 대해 연구들이 시도되어 왔다. Machining 효과에 관하여는 NiTi 파일이 stainless steel 파일보다 비슷하거나 더 우수하며 같은 크기의 stainless steel 파일보다 더 오래 쓸 수(durable) 있다고 하였으나<sup>27, 28)</sup>, Tepel<sup>29)</sup>은 NiTi 파일에서 cutting 효과가 떨어진다고 보고하였다. Torsional fracture에 대한 저항성은 NiTi 파일이 stainless steel 파일보다 우수하거나<sup>13, 28)</sup> 비슷한<sup>30)</sup> 것으로 알려져 있다.

NiTi 파일을 만곡된 근관에서 사용할 때 NiTi 합금의 물리적 성질로 인하여 미리 구부러(precurved) 사용할 수 없고, 스스로 직선화되려는 경향이 있어서 만곡된 근관을 직선화시키지 않을까 하는 의문<sup>24)</sup> 및 stainless steel 파일과 유의할 만한 차이가 없다는 보고도 있으나<sup>15, 16)</sup>, 대부분의 연구자들<sup>17-25)</sup>은 NiTi 파일이 만곡된 근관을 덜 직선화시킨다고 보고하였다.

그러나 이들은 대부분 파일이 만곡된 근관을 직선화시키는 정도를 평가하기 위하여 근관형성 전후의 파일의 각도<sup>17-20)</sup>나 근관의 폭경<sup>21)</sup>을 측정하여 비교하였다. 그러나 이러한 방법은 측정하는 과정에서 많은 오차가 생길 수 있을 뿐 아

니라, 이 자체로는 근관형성 전후의 근관의 모양을 정확히 비교해서 보여주지는 못하는 단점이 있다. 또 컴퓨터의 프로그램을 이용하여 근관형성 전후의 모양을 비교한 보고들<sup>22, 23)</sup>도 있으나 컴퓨터 화면 자체가 가지는 해상도의 한계로 인하여 정확성이 떨어지며, 컴퓨터가 근관의 모양을 읽는 과정과 접치는 과정에서 오차가 생길 수 있다. 또한 computed tomography를 이용한 경우에는<sup>24)</sup> 치관부에서부터 근침까지 근관길이 전체가 한 평면상에 있지 않아서 적절한 상을 얻는 데에 어려움이 있음을 지적하였다.

본 논문에서는 똑같은 위치가 재현가능한 고정틀에서 사진의 이중노출 기법을 이용하여 근관형성 전후의 근관의 형태를 정확히 비교하였다. 이 때 만곡된 근관을 가진 투명한 레진블럭상에서 근관형성을 시행하였는데, 레진블럭을 사용하는 것은 근관형성 술식을 평가하는 방법으로서 적절한 것으로 알려져 있다<sup>10, 31)</sup>.

이 실험의 결과에 의하면 만곡 근관 형성시 만곡 외측으로의 확대는 전반적으로 크지 않았고, stainless steel 파일의 경우 NiTi 파일보다 근침 1 - 2mm 부위에서는 더 크고 4 - 7mm 부위에서는 더 작은 폭경을 보였으나 유의할 만한 차이는 보이지 않았다. 만곡 내측으로의 확대는 P군, P30군에서는 심하지 않았고, Profile GT를 사용한 경우 5 - 7mm 지점에서 확대가 컸으나 유의할 만한 정도는 아니었으며, stainless steel 파일을 사용한 경우에는 4 - 5mm 지점에서 심하게 내측으로 확대된 모양을 나타내었고, 6 mm 지점에서는 P군보다 확대가 컸다. 내,외측을 합한 근관 전체의 폭경을 살펴볼 때 NiTi 파일을 사용한 경우에는 근침에서 근관입구쪽으로 가면서 taper하게 폭경이 증가하는 양상을 보였으나 stainless steel 파일을 사용한 경우에는 오히려 4 - 5mm 부위가 가장 굵게 확대되었고, 1 - 3mm부위에서도 NiTi 파일에서보다 더 굵게 형성되었다.

근관의 전이 정도는 NiTi 파일의 경우 5 - 7mm 부위에서는 전이가 거의 없었고, 1 - 4mm 부위에서는 약간 외측으로 전이되었으나 그 정도가 심하지는 않았다. Stainless

steel 파일의 경우 1 - 2mm 부위에서는 외측으로 전이되었고, 4 - 7mm 부위에서는 내측으로 심하게 전이되는 양상을 보였다.

전체적으로 NiTi 파일로 형성한 경우에는 taper한 형태를 이루었다. Profile의 경우에 근침을 30번 크기까지 형성해도 근관의 전이 정도는 크지 않았으며, Profile GT를 사용한 경우에는 만곡이 시작되는 부근에서 내측으로 더 확대되는 경향이 있었으나 심한 정도는 아니었다. Stainless steel 파일의 경우에는 taper한 근관형태를 만들어 내지 못했고, 근침에서 근관입구까지 전체적으로 확대가 컸으며 특히 근침에서는 만곡 외측으로, 만곡이 시작되는 부근에서는 만곡 내측으로 심하게 확대되는 양상을 보였다.

이 연구의 결과를 통해서 볼 때 NiTi 파일이 만곡된 근관의 근관형성에 유용한 기구로서의 가능성을 확인할 수 있었다. 앞으로 NiTi 파일의 만곡도 유지능력, machining 효과, torsional fracture에 대한 저항성 등에 대해서 지속적인 발전이 이루어진다면 만곡된 근관에서 이상적인 근관형성기구로 자리잡게 되지 않을까 기대되는 바이다.

## V. 결 론

만곡된 근관을 가진 투명한 레진블럭상에서 Profile.06, Profile GT, 그리고 stainless steel 파일을 이용하여 근관형성을 시행하고 똑같은 위치가 재현가능한 고정틀에 위치시켜서 사진의 이중노출 기법을 사용하여 근관형성 전후의 근관의 형태를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NiTi 파일은 비교적 taper한 근관형태를 만들었으나, stainless steel 파일은 taper한 근관형태를 만들지 못하고 중간부위가 가장 굵었으며 근침부위도 비교적 굵었다.
2. Profile.06의 경우 근관장까지 25번 크기로 확대하였을 때 taper 정도나 만곡 유지면에서 가장 우수하였다. 30번 크기까지 확대한 경우에는 근침부위에서 만곡 외측으로 약간의 전이를 보였으나 그 정도가 심하지는 않았다.
3. Profile GT의 경우 taper 정도와 만곡 유지면에서 상당히 우수하였으나, 만곡이 시작되는 부위에서 만곡 내측으로 확대가 약간 더 크게 나타났다.
4. stainless steel 파일의 경우 근관확대가 가장 컸고 근관의 전이 정도도 심하였으며, 형성된 근관이 taper 하지 못하고 불규칙한 형태를 보였다

## 참 고 문 헌

- 1 Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18 : 269-96, 1974.
2. Weine, F S : *Endodontic therapy*, ed 4, St. Louis Mosby, 277, 1989

3. Lam, K C and Webber, J : The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal. *Int Endod J.*, 18 : 233-9, 1985.
4. Kesselei, J. R., Peters, D D and Lorton, L. comparison of the relative risk of molar root perforations using various endodontic instrumentation techniques. *J Endod.*, 9 : 439-47, 1983.
5. Roane, J., Sabala, C. and Duncanson, M. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J. Endod.*, 11 : 203-11, 1985.
6. Goeng, A., Michelich, R. and Schultz, H. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod.*, 8 : 550-4, 1982
7. Weine, F S., Kelly, R. and Lio, P. The effect of preparation procedures on the original canal shape and on apical foramen shape. *J. Endod.*, 1 : 255-62, 1975.
8. ElDeeb, M. and Boraas, J. : The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J.*, 18 : 1-7, 1985.
9. Cimris, F M., Boyer, T.J. and Pelleu, G B. Effect of three file types on the apical preparation of moderately curved canals. *J. Endod.*, 14 : 441-4, 1988
10. Alodeh, M H.A., Doller, R. and Dummer, P.M H. Shaping of simulated root canals in resin blocks using the step back technique with K-files manipulated in a simple in/out filing motion. *Int Endod J.*, 22 : 107-17, 1989
11. Leseberg, D.A. and Montgomery, S. The effect of Canal Master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on the root canal configuration. *J. Endod.*, 17 : 59-65, 1991
12. Civjan, S., Huget, E.F. and DeSimon, L.B. Potential applications of certain nickel-titanium(Nitinol)alloys. *J Dent Res.*, 54 : 89-96, 1975
13. Waha, H., Brantley, W.A. and Geistem, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.*, 14 : 346-51, 1988
14. Mullaney, Y.P. Instrumentation of finely curved canals. *Dental Clinics of North America*, 23 : 575-92, 1979
15. Schaefer, E., Tepel, J. and Hoppe, W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. instrumentation of curved canals. *J Endod.*, 21 : 493-7, 1995.
16. Luiten D.J., Morgan, L.A., Baumgartner, J.C. and Marshall, J.G. A comparison of four instrumentation techniques on apical canal transportation. *J Endod.*, 21 : 26-32, 1995
17. Bou Dagher, F.E. and Yared, G.M. Comparison of three files to prepare curved root canals. *J. Endod.*, 21 : 264-5, 1995
18. Royal, J.R. and Donnelly, J.C. A comparison of maintenance of canal curvature using balanced-force instrumentation with three different file types. *J Endod.*, 21 : 300-4, 1995
19. 김현주, 오원만, 양규호. 만곡근관에서 엔진 구동용 NiTi file과 초음파 기구에 의한 근관형성 능력의 비교. *대한치과보존학회지*, 20 : 758-67, 1995.
20. 신주희, 권오양, 윤수환. 만곡근관에서 수종의 File을 이용한 근관형성시 만곡도 변화에 대한 비교연구. *대한치과보존학회지*, 22 : 383-95, 1997.
21. Charuni, S.L., Parameswaran, A. and Sukumaran, V.G. A comparison of canal preparation using the k-file and Lightspeed in resin blocks. *J. Endod.*, 22 : 474-6, 1996
22. Gossen, C.r., Haller, R.H., Dove, S.B. and del Rio, C.E. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod.*, 21 : 146-51, 1995

23. Esposito, P.T. and Cunningham, C.J. : A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J. Endod.* , 21 : 173-6, 1995
24. Gambill, J.M., Alder, M. and del Rio, C.E. : comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J. Endod.* , 22 : 369-75, 1996
25. Zmener, O. and Balbachan, L. : Effectiveness of nickel-titanium files for preparing curved root canal. *Endod. Dent. Traumatol.* , 11 : 121-3, 1995
26. Baumgartner, J.C., Martin, H., Sabala, C.L., Stüttmatter, E.J., Wildey, W.L. and Quigley, N.C. : Histomorphometric comparison of canals prepared by four techniques. *J. Endod.* , 18 : 530-4, 1992.
27. Kazemi, R.B., Stenman, E. and Spangberg, L.S. : Machining efficiency and wear resistance of nickel-titanium endodontic files. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* , 81 : 596-602, 1996.
28. Camp, J.J. and Pertot, W.J. : Machining efficiency of nickel-titanium K-type files in a linear motion. *Int. Endod. J.* , 28 : 279-84, 1995.
29. Tepel, J., Schafer, E. and Hoppe, W. : Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion, part 1. cutting efficiency. *J. Endod.* , 21 : 418-21, 1995
30. Rowan, M.B., Nicholls, J.I. and Steiner, J. : Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J. Endod.* , 22 : 341-5, 1996
31. Lim, K.C. and Webber, J. : The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int. Endod. J.* , 18 : 240-6, 1985