

ProTaper와 ProFile을 사용한 Hybrid instrumentation method의 근관 형성 전, 후 근관 단면적과 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화에 미치는 영향에 대한 실험적 연구

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 치과보존과

부교수 김 석 민, 박 동 성*

ABSTRACT

The experimental study of the effect of the hybrid instrumentation method with ProTaper and ProFile on the change of root canal area and distance from the canal to the root surface after canal shaping.

Department of Conservative Dentistry, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine
Seok Min Kim, Dong Sung Park*

The aim of this study was to investigate the effect of the hybrid instrumentation method with ProTaper and ProFile on the change of root canal area and distance from the canal to the root surface after canal shaping.

The mesial canals of twenty extracted mandibular first molars having 10-20°Δ curvature were scanned using X-ray micro-computed tomography (XMCT)-scanner before root canals were instrumented. They were divided into four groups (n=10 canals per group). In Group 1, root canals were instrumented by the step-back technique with stainless steel K-Flexofile after coronal flaring. The remainders were instrumented by the crown-down technique with, ProTaper system (Group 2), ProFile (Group 3) or ProTaper and ProFile (Group 4). All canals were prepared up to size 25 at the end-point of preparation and scanned again. Pre- and post-operative cross-sectional images of 1, 3, 5, and 7 mm from the apical foramen were compared. For each level, change of cross-sectional canal area and distance to the nearest external root surface was calculated using Adobe Photoshop 6.0 and image software program.

In the change of cross-sectional area, Group 4 was less than Group 2 at 3 mm and 5 mm level ($p < 0.05$). In the difference of the distance from the canal to the root surface after canal shaping, Group 4 was least among the other groups at 7 mm level ($p < 0.05$). According to the results, the methods using ProFile or K file only and the hybrid instrumentation technique using ProTaper and ProFile are more appropriate methods of canal preparation than ProTaper system for narrow or curved canals.

Key words : Hybrid instrumentation technique, ProFile, ProTaper, X-ray micro-computed tomography

1. 서론

근관 성형과 세정은 근관치료에 있어서 가장 중요한 과정이다. 진단을 위한 방사선 사진에서 직선에 가까운 형태로 관찰되는 근관도 협설측 방향으로의 만곡이 자주 발견되며 근원심으로 만곡된 근관을 갖는 것으로 관찰되는 근관에서도 보이지 않는 추가적인 만곡을 갖고 있는 경우도 많은데 근관 형성을 시행하는 동안 이 만곡을 유지해야만 한다¹⁾.

여러 근관 형성 방법에서 치근단, 중앙부, 치관부 1/3에서의 근관 형태의 변이(transportation)가 발생하는 것이 발견되었다²⁾. 그리고 일반적으로 사용하고 있는 스테인레스강으로 제작된 근관 성형 기구로는 좁고 만곡된 근관에서 적절한 형태로의 성형이 어려울 수 있다³⁾. 한편, Nagy 등은 근관의 천공과 elbow의 발생 그리고 근관의 비대칭적 성형은 근관의 형태와 연관성이 있다고 하였다⁴⁾. 그러므로 만곡된 근관의 형성 시 근관의 천공 등의 문제가 발생하지 않기 위한 여러 가지 노력이 필요하다.

최근 근관치료에 있어서 Ni-Ti rotary instrument는 근관 성형 시 중요한 기구로 사용되고 있고 많은 종류의 Ni-Ti rotary instrument에 대한 평가가 시행되고 있다⁵⁾. Ni-Ti rotary instruments는 active와 passive instruments로 구분할 수 있다.

Active instrument는 절삭날(cutting blade)를 가지며 passive instrument는 절삭날 모서리(cutting edge)와 flute사이에 radial land를 갖는다. 일반적으로, active instrument는 더 효율적이면서 공격적(aggressively)이나 근관의 만곡을 직선화하는 경향을 갖는다. 게다가, 날(blade)의 rake angle이 더 positive할수록 기구(instrument)의 절삭기능은 더욱 공격적이 된다. Passive instrument는 절삭기능보다는 근관벽을 깎거나(scraping) 또는 문지르는(burnishing) 결과를 나타내어 상아질 제거가 느리고 근관을 직선화하는 경향이 덜 하다. 그러므로 임상 증례 마다 특성을 고려한 기구선택이 필요

하다. 각기 다른 Ni-Ti rotary instrument systems과 또 다른 instrument systems의 혼합 사용이 hybrid 개념이며 각 기구가 근관의 어느 곳에서 절삭기능을 나타내고 언제 어떻게 각 기구의 최대 능력을 발휘하게 하는지에 대한 이해가 선행되어야 한다. 모든 Ni-Ti rotary instruments의 주요 특징적 구조는 3개의 blade와 passive, non-cutting tip으로 이루어진다. Passive instruments에는 ProFile(Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma), GT(Denstply, Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma), Lightspeed(Lightspeed Technology Inc., San Antonio, Texas)등이 속하며 active instrument에는 Flexmaster(VDW, Munich, Germany), RaCe(Brasseler USA, Savannah, Georgia), ProTaper(Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma), Hero(MicroMega SA, Besancon, France), K3(SybronEndo, West Collins Orange, California) 등이 속한다. 이 중에서 ProTaper는 hybrid concept에서 주요한 역할을 담당하는데 이 기구를 사용하는 모든 과정을 거치고 나면 body shaping과 apical pre-enlargement가 쉽게 이루어진다⁶⁾.

Iqbal 등은 근관의 transportation과 작업장의 상실을 최소화 하면서 적절한 근관 확대를 수행하는 능력면에서 ProFile과 ProTaper가 큰 차이가 없는 것으로 보고하였다⁷⁾. Peter 등은 상악 구치에서 근관 확대를 ProTaper로 시행하여 micro CT를 사용하여 평가한 바 심각한 procedural error없이 근관 확대를 수행할 수 있었다고 보고하고 이 기구가 좁은 근관의 근관 성형에 보다 효과적일 수 있다고 하였다⁸⁾. 그러나, Calberson 등은 만곡 근관에서 ProTaper의 F2나 F3를 사용하는 경우 inner curve에서 과도한 제거가 일어나지 않도록 주의를 해서 danger zone으로의 침범을 방지해야 한다고 하였다⁹⁾.

이와 같이 특정 NiTi rotary instrument system만의 근관 성형은 한계가 있기 때문에 최선의 biomechanical cleaning and shaping 결과를 만들

어 내는 동시에 procedural error를 최소화 하면서 각기 다른 조건의 근관을 적절한 형태로 성형하기 위해 다른 file system을 혼합하여 사용하는 hybrid concept이 소개되었다⁶⁾.

본 실험의 목적은 ProFile과 ProTaper를 같이 사용하여 근관 성형을 한 경우 ProFile, ProTaper 또는 K-file 만을 사용한 경우에 비해서 근관 단면적의 변화와 근관벽에서 치근외면까지 최단 거리의 변화를 방사선 미세컴퓨터 단층촬영을 이용하여 측정 비교하여 hybrid instrumentation technique을 선택하고 사용하는데 도움을 얻고자 하는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

시편 준비

최근 발치된 손상이 없는 20개의 하악 제 1 대구치를 사용할 때까지 생리식염수에 보관하였다가 Schneider의 방법¹⁰⁾ 으로 측정하여 근관 만족도가 10에서 20도가 되는 근심 근관을 선택하였다. 시편 치아의 교합면은 다이아몬드 디스크로 치축에 수직이 되도록 편평하게 갈아내고 XMCT를 할 때 기준점으로 삼기 위해 치수강 가까운 곳의 원심근 표면에 수직구를 만들었다.

초기 XMCT scanning

근관 성형을 하기 전에 치근단 축의 작업장 측정 기준 수준부터 치근 분지부 까지 50 μ m 간격으로 XMCT scanner(Skyscan 1072, Skyscan b.v.b.a., Aartselaar, Belgium)를 사용하여 스캔을 실시하였다. 각 시편 당 300개의 횡단면 영상을 획득하였다.

근관 성형

시편들은 임의로 각 군 당 5치아, 즉 10개의 근관을 선택하였고 1군에서는 K-Flexofile (KF)(Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), 2군에서는 ProTaper(PT) system(Dentsply-

Maillefer, Ballaigues, Switzerland)만 사용하였고 3군에서는 ProFile(PF) system(Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), 그리고 4군에서는 ProTaper(PT) system 와 ProFile(PF)을 같이 사용하여 근관 성형을 시행하였다.

근심 근관에 10번 K-file을 삽입하여 근단공으로 file의 끝을 육안으로 확인함으로써 근관이 분리되어 있는 것을 확인하였고 각 근관의 작업장은 위 과정에서 확인된 길이에서 0.5mm를 짧게 하여 결정하였다. 모든 근관은 작업장 끝을 #25 크기까지 확장하였다. 각각의 filing 단계마다 2.5% sodium hypochlorite로 근관 세척을 시행하였다. 모든 근관 확장 과정은 한 명의 실험자에 의해 이루어졌고 모든 Ni-Ti rotary instruments 는 제조사에서 추천한 대로 미리 회전수와 토크가 설정된 Tecnika Vision (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였다.

각 군에서의 근관의 성형은 다음과 같이 시행하였다.

Group 1 (KF) : 근관의 치관부에 대한 flaring을 Gates-Glidden burs (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) sizes 1 으로부터 3까지를 사용하여 시행하는데 각 bur는 근관 내로 압력이 가하지 않는 상태에서 사용하였다. 작업장 끝을 #25 file 크기까지 근관 확대하였고 #40번까지 1mm step-back을 시행하였다.

Group 2 (PT) : 근관은 작업장까지 S1과 S2를 사용하여 확대하였는데 이때 근관 내에서는 짧은 상하 운동과 근관벽을 문지르는 듯한 가벼운 동작을 유지하였다. 그 다음, 작업장까지 F1과 F2를 사용하였다. 최종 apical size 는 F2 file로 하였다.

Group 3 (PF) : 근관 확대는 crown-down 방법을 기본으로 ProFile .04와 .06 경사도를 갖는 기구를 제조사에서 추천하는 순서대로 사용하여 시행하였다. #25/.04 또는 .06 ProFile을 작업장의 1/2에서 2/3까지 도달 되도록 사용하였는데, 모든 기구 사용시 저항이 느껴지는 지점까지 근관을 따라 진

행시켰고 일단 저항이 감지되면 제거하는 동작을 유지하였다. 이어 #30/.04 또는 .06 ProFile을 이전과 같은 지점까지 진행시켰다. 다음으로는 #20/.04 또는 .06 ProFile을 작업장의 2/3 또는 3/4까지 진행시켜 근관 확대한 후 #15/.04 또는 .06 ProFile로 작업장까지 같은 방법으로 근관 확대를 시행하였다. 최종 apical file 크기는 ProFile .06 ISO size 25로 하였다.

Group 4 (ProTaper+ProFile) : Sx으로 치관부에 flare를 형성한 다음 작업장과 patency를 확인하고 S1과 S2로 작업장까지 근관 확대를 한 후 근단부 근관 성형은 #20/.04 또는 0.6 그리고 #25/.06 ProFile 을 사용하여 완성하였다.

최종 XMCT scanning

근관 성형이 완성되고 나서 모든 시편은 초기 XMCT scanning때와 같은 방식으로 스캔하였다.

계측 및 평가

스캔되어 얻어진 모든 영상은 V-works 4.0 (Cybermed, Inc. Korea)을 이용하여 근관 성형 전, 후의 근관의 2차원적인 횡단면 영상 들을 모아 3차원으로 재구성 하였다. 또한 치근단 으로부터 1, 3, 5, 7mm 수준에서 근관의 횡단면 면적의 변화를 평가하고 치근외면에서 근관 성형된 근관벽 과의 최

단거리를 측정하였다(Fig.1). 관찰하여 얻어진 자료는 SAS(SAS Enterprise Guide 3.0, Cary, NC, USA)를 사용하여 one-way ANOVA와 Scheffe's multiple range test에서 95% 신뢰수준으로 분석하였다.

III. 실험결과

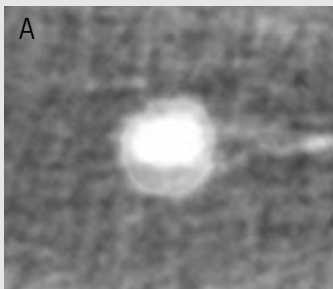
근관 확대 전,후 근관 단면적의 변화

Table 1. Change of canal area (μm^2)

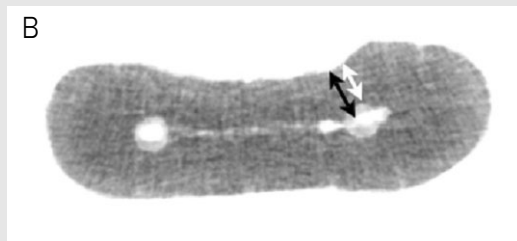
	1 mm level	3 mm level	5 mm level	7 mm level
Group 1(KF)	20492.63±7280.78	83018.98±39873.14	214403.27±68881.52	293625.92±89902.92
Group 2(PT)	131138.05±88927.36	110288.89±23388.40	25174.07±124961.41	559201.03±62953.65
Group 3(PF)	31696.92±5105.81	67786.74±9049.96	219682.50±55841.19	439944.53±49323.46
Group 4(PT+PF)	51210.45±79397.00	63840.99±14069.37	136127.88±14069.37	348877.19±67296.78

* significantly different ($p < 0.05$).

표 1에서 보여주듯이 근관 단면적의 변화는 모든 수준에서 Group 2(PT)가 가장 많았다. 1mm수준에서는 Group 2(PT), Group 4(PT+PF), Group 3(PF), Group 1(KF) 순이었고 유의성 있는 차이는 Group 1과 Group 2, 그리고 Group 2와 Group



Dark gray : Cross section of root after canal shaping
Light gray : Cross section of root before canal shaping



Black arrow : distance between the external root surface and root canal wall before canal shaping
White arrow : distance between the external root surface and root canal wall after canal shaping

Fig.1. Cross sectional area and distance between the external root surface and root canal wall - Examples of superimposed images

3사이에서 확인되었다($p < 0.05$). 3mm수준에서는 Group 2, Group 1, Group 3, Group 4 순이었으며 통계적으로 유의성 있는 차이는 Group 2와 Group 4사이에서만 관찰 되었다($p < 0.05$). 5mm 수준에서는 Group 2, Group 3, Group 1, Group 4의 차례로 크게 측정되었으며 유의성 있는 차이는 Group 2와 Group 4사이에서만 존재하였다($p < 0.05$). 또한 7 mm수준에서는 Group 2, Group 3, Group 4, Group 1순으로 크게 나타났으며 Group 2와 Group 3을 제외하고는 다른 군 사이에 통계적으로 유의성 이 있는 차이를 보였다($p < 0.05$).

근관확대 전후 근관벽에서 치근외면까지 최단 거리의 변화

Table 2. Change of canal distance to the nearest external root surface (mm)

	1 mm level	3 mm level	5 mm level	7 mm level
Group 1 (KF)	67.23±39.75 ^a	87.65±31.90 ^a	114.49±25.57 ^a	323.69±12.11 ^a
Group 2 (PT)	180.00±78.89 ^b	250.34±102.29 ^b	226.02±102.38 ^b	576.57±22.29 ^b
Group 3 (PF)	54.67±14.18 ^a	149.09±31.85 ^a	263.41±22.03 ^b	333.14±40.04 ^c
Group 4 (PT+PF)	65.42±38.85 ^a	70.56±28.38 ^a	239.83±44.38 ^b	160.11±16.02 ^{ab}

a,b,c : Groups identified by different alphabets are significantly different in vertical row ($p < 0.05$). Groups identified by same alphabets are not significantly different in vertical row ($p > 0.05$).

근관 확대 전후 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화를 표 2에서 보면 1mm 수준에서 Group 2, Group 1, Group 4, Group 3의 순으로 근관확대 전후의 근관벽에서 치근외면까지의 최단거리의 변화가 크게 나타났으며 Group 2의 변화는 다른 모든 군의 변화와 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였으나($p < 0.05$), 다른 군 사이에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

3mm 수준에서 Group 2, Group 3, Group 1, Group 4의 순으로 나타났고 Group 2와 다른 군 간에는 유의성 있는 차이를 보였다($p < 0.05$).

5mm수준에서는 Group 3, Group 4, Group 2, Group 1의 순으로 관찰되었으며 Group 1에서의 측정값만이 다른 모든 군의 측정값과 유의성 있는 차이를 보였다($p < 0.05$) 다른 군 간에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

7mm수준에서는 Group 2, Group 3, Group 1, Group 4의 순이었으며 Group 1과 Group 3 사이에는 통계적 유의성이 없었으나 다른 군 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

근관 성형 중에 나타날 수 있는 문제점을 평가하기 위해서 여러 종류의 방법들이 사용되고 있다. 가장 일반적인 방법은 미리 일정 길이로 절단한 치아 표본을 재조립하여 근관의 성형 전, 후 횡단면을 평가하는 방법이다¹¹⁾. 이 방법은 절단 시 발생하는 측방 진동과 톱 자체의 두께로 인해 치질의 손실을 피할 수 없으며 만곡 근관이 기울어져서 절단된 면이 ledge로 작용하여 작업장까지 file이 도달하지 못하게 할 수 있다.

또 하나의 방법인 micro-computed tomography를 사용한 방법은 여러 근관치료학 분야의 연구에 사용되어 왔는데 근관 성형기구나 방법을 비교하고 근관 형태를 정확하고 비 파괴적으로 분석 할 수 있는 방법이라 할 수 있다¹²⁾.

Computed tomographic images는 물체를 통한 planar section을 만들어 낼 수 있는데 이러한 planar section은 physical sections, optical sections(confocal microscopy) 또는 computerized tomography(CT) reconstructions 으로 부터 만들어 질 수 있다¹³⁾.

Berutti는 치아를 1mm 두께의 slice로 절단하여 횡단면 형태를 디지털 영상으로 만들고 이것으로부터 computed tomography를 사용하여 근관의 3차원 영상을 재구성한 바 있고 치아에서의 표면적과

치아 부피를 성공적으로 측정하였다⁴⁾. 50 μ m 간격을 두고 CT 스캔을 사용하는 것은 근관 성형 전후의 근관의 형태 변화를 평가하는데 비 파괴적이며 실질적인 방법이라 할 수 있다¹⁵⁾. 장축 방향 절단 상에서 근관 확대 전, 후의 근관의 변이를 평가할 수도 있고¹⁶⁾ 이 연구에서 사용된 바와 같이 횡단면에서의 근관벽의 상아질 두께를 평가할 수도 있다. 또한, 각 CT 스캔된 영상에 정확한 단위를 부여할 수 있기 때문에 방사선 사진이나 일반 사진에서 판독으로 인해 발생할 수 있는 실수를 줄일 수 있는 쉬운 방법이라 할 수 있다. 그러나 근첨부 근관의 형태가 매우 복잡하여 어떤 시편에서는 근관의 형태 판독이 어려운 경우도 있었다. 이것은 50 μ m 보다 작은 절편을 촬영한 Micro-CT 자료를 사용하면 해결 될 수 있을 것으로 사료되지만 고비용의 문제를 안고 있다고 하겠다.

ProTaper 파일이 소개된 후, 큰 절삭력에 의해 다소 심한 근관의 transportation이 만들어 질 수 있다는 가능성에 대한 논란이 있었다. 또한 최근 소개된 연구에 의하면 ProTaper를 이용하여 주요한 문제 발생 없이 근관 확대를 수행할 수 있다는 결과가 보고되었다¹⁷⁾.

본 실험 결과를 보면 1mm 수준에서 Group 1(KF)의 근관 확대 전, 후 근관 단면적의 변화와 근관 확대 전, 후 근관벽에서 치근외면까지의 최단거리의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 그러므로 Ni-Ti rotary instruments보다는 수동 K-file이 가늘고 만곡된 근관의 치근단 부위의 급격한 만곡이 예상되는 경우 근첨부에서 사용할 수 있는 가장 안전한 근관 확대 기구로 추천될 수 있다. 그러나 근관 정화를 위한 충분한 근관 확대와 적절한 근관 충전에 필요한 근관 성형을 위한 효율 면에서 Ni-Ti rotary instruments보다 취약하므로 이를 감안한 근관 성형기구의 선택이 필요하다고 하겠다.

근관 단면적 변화의 측면에서 보았을 때 ProTaper와 ProFile을 같이 사용한 경우가 3mm 과 5mm 수준에서 가장 적은 수치를 나타내었고

특히, ProTaper를 단독으로 사용한 경우와 유의성 있는 차이를 보였다. 치근외벽과 근관벽 사이의 최단거리의 변화는 3mm와 7mm 수준에서 가장 적은 것으로 나타났다. 한편, ProTaper를 사용한 군에서는 모든 수준에서 다른 군에 비해 근관의 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났는데 이는 ProTaper의 특별한 단면 형태와 날카로운 날에 의한 큰 절삭력 그리고 Progressive Taper에서 기인한 것으로 판단되며 이는 Peters 등¹⁷⁾의 결과와 일치한다. 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화에서도 1, 3, 7mm 수준에서 ProTaper가 가장 큰 변화를 나타내었다.

위의 결과에서 좁고 만곡된 근관 성형 시 Procedural error를 줄이는데 ProTaper와 ProFile을 같이 사용한 Hybrid Technique과 ProFile을 단독으로 사용하거나 또는 K-file을 사용한 경우 ProTaper 만 단독 사용한 경우보다는 유리하다고 추론 할 수 있다. 이는 어려운 증례에서는 passive instrument만을 사용하고 쉬운 경우에는 active instrument만을 사용하며 중간 정도의 난이도를 갖는 경우 효율성과 안정성을 고려하여 hybride technique을 추천하고 있는 Helmut⁶⁾의 추천과 부합되는 결과라 할 수 있다.

수동 K-file만을 사용한 Group 1의 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화는 7mm수준에서 ProFile 단독 사용군(Group 3)보다 약간 작고 Hybrid technique 사용군(Group 4)보다는 큰 것으로 나타났고 5mm수준에서는 모든 군 중에 가장 작은 것으로 나타났다. 이는 근관확대 초기에 GG bur를 사용한 것에 기인하는 것으로 사료된다.

하악 제 1 대구치의 근심 치근관 들은 협측 근심과 설측 근심 근관을 연결하는 fin, web 과 같은 형태로 연결이 된 경우가 많으며 단면 형태를 보면 협설 방향으로 넓은 형태 즉, 근원심으로 좁은 형태의 근관 단면을 나타내는 경우가 많다. 이런 경우 어떤 근관 성형 기구로도 효과적인 근관 성형을 할 수 없다. 본 연구에서도 완전한 원형으로 된 근

관은 발견할 수 없었기 때문에 이런 형태의 근관을 효과적으로 성형하고 정화 시킬 수 있는 방법이 계속 연구 되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

ProFile과 ProTaper를 같이 사용하여 근관 성형을 한 경우 ProFile, ProTaper 또는 K-file 만을 사용한 경우에 비해서 근관 확대 전, 후 근관 횡단면의 변화와 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화를 방사선 미세컴퓨터 단층촬영을 이용하여 측정 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

근관 단면적의 변화는 모든 수준에서 Group 2(PT)가 가장 많았다. 1mm수준에서 유의성 있는 차이는 Group 1과 Group 2, Group 1과 Group 3, 그리고 Group 2와 Group 3사이에서 확인되었다 ($p<0.05$). 3mm수준에서 통계적으로 유의성 있는 차이는 Group 2와 Group 4사이에서만 관찰 되었고 ($p<0.05$), 5mm 수준에서 유의성 있는 차이는

Group 2와 Group 4사이에서만 존재 하였다 ($p<0.05$). 또한 7mm수준에서는 Group 2과 Group 3를 제외하고는 군 사이에 모두 통계적으로 유의성이 있는 차이를 보였다($p<0.05$).

근관확대 전후의 근관벽에서 치근외면까지 최단거리의 변화는 1mm 수준에서 Group 2의 변화는 다른 모든 군의 변화와 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였고($p<0.05$), 3mm 수준에서 Group 2와 다른 군들 사이에서만 유의성 있는 차이를 보였다 ($p<0.05$). 5mm수준에서는 Group 1에서의 측정값만이 다른 모든 군의 측정값과 유의성 있는 차이를 보였으며 ($p<0.05$), 7mm수준에서는 Group 1과 Group 3사이에는 통계적 유의성이 없었으나 다른 군 사이에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$).

이상의 결과에서, ProTaper와 ProFile을 같이 사용한 Hybrid 방법과 ProFile의 단독 사용 그리고 수동 K-file을 사용한 근관 확대 방법이 만족된 좁은 근관에서 ProTaper만 사용한 경우 보다는 적합한 방법으로 평가된다.

참 고 문 헌

- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-296.
- Luiten DJ, Morgan LA, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of four instrumentation techniques on apical canal transportation. *J Endod* 1995;21:26-32.
- Weine F, Kelly R, Lio P. The effect of preparation procedures on the original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975;1:255-262.
- Nagy CD, Bartha K, Bernáth M, Verdes E, Szabó J. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. *Int Endod J* 1997; 30: 133-140.
- Ove A, Peters PD. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *J Endod* 2004;30:559-567.
- Helmut W. The hybrid concept of nickel-titanium rotary instrumentation. *Dent Clin North Am* 2004;48:183-202.
- Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004;37:359-364.
- Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J* 2003;36:86-92.
- Calberson FL, Deroose CA, Hommez GM, De Moore

참 고 문 헌

- RJ. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J* 2004;37:613-623.
10. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1971;32:271-275.
11. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod* 1987;13:243-245.
12. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2000; 33: 279-285.
13. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ and Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J* 1999;32:165-170.
14. Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod* 1993;19:237-238.
15. Nelsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod* 1995;21:561-568.
16. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2001;34:390-398.
17. Peters OA, Peters CI, Schoneberger K, Barbakov F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analyzed by microCT. *Int Endod J* 2003;36:86-92.