

모조 레진블락 근관에서 LightSpeed, ProTaper 및 Hybrid technique의 성형 효율 비교

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

대학원생 강순일, 대학원생 곽상원, 조교수 박정길, 교수 허복, 조교수 김현철*

ABSTRACT

Comparison of shaping ability using LightSpeed, ProTaper and Hybrid technique in simulated root canals

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

The purpose of this study was to compare the shaping abilities of LightSpeed, ProTaper-Universal, and hybrid technique using S-series of ProTaper-Universal and LightSpeed.

The 72 simulated root canals of J-shape were used and classified as following 3 groups according to the instrumentation methods; Group P of 24 canal blocks were prepared with ProTaper-Universal, Group L was prepared with LightSpeed, and Group H was prepared with hybrid technique (initial shaping with ProTaper-Universal S1 and S2 and apical shaping with LightSpeed from #25 to #50). A second-year resident of Endodontic department prepared the resin block canals to apical size #50 (F5 in Group P).

The time lapses for instrumentation and the reduction of root canal curvature after shaping were measured. The pre- and post-instrumented root canals were scanned and superimposed to evaluate and calculate the increased canal width and apical centering ratio. The results were as followings:

Group L and H showed significant less instrumentation time than Group P ($p < 0.05$). The ProTaper system showed greater reduction of root canal curvature and working length diminishment than other methods ($p < 0.05$). LightSpeed system showed best canal curvature preserving characteristics. The Group P had greater instrumented widths at all levels examined ($p < 0.05$). Group L and Group H showed lower centering ratio (ability to preserve the canal center; the lower ratio means the better canal center preservation) than Group P ($p < 0.05$). Group H had the lowest centering ratio at the 1 mm level.

Key words: LightSpeed, ProTaper Universal, Hybrid technique, Shaping ability, Centering ratio

*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 성형의 목적은 근관의 변위, 천공, ledge 등의 잘못된 형성 없이 성형 및 세정을 하는 것이다¹⁾. 니켈 티타늄 합금으로 만든 근관 성형 기구는 1988년에 스테인레스스틸 기구의 강직성을 극복하기 위해 처음으로 고안되었다²⁾. 니켈티타늄 전동 기구는 연속적인 회전 동작으로 사용되면서 깔대기 모양의 바람직한 근관 형태를 만들 수 있도록 하였고 특히 만곡 근관에서 원래의 근관을 변위시킬 위험성을 최소화하였다³⁻⁶⁾.

18가지 이상의 근관치료용 니켈티타늄 파일이 시판되고 있다는 보고가 있으며⁷⁾, 실제로는 더욱 많은 종류가 전세계에 걸쳐 소개 및 판매되고 있을 것이다. 대부분의 니켈티타늄 파일 시스템은 샤프트 디자인이나 삭제날의 각도, 라디알 렌드 등의 고유한 형태적 특징을 갖고 이에 따른 삭제 효율의 특성을 갖는다^{8,9)}.

이들 상품 중에, ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) 시스템은 하나의 파일 샤프트 내에서 굽기 경사도가 점차 변화하는 특이한 형태를 가지고 있다^{10,11)}. ProTaper의 블록한 삼각형 횡단면 구조는 파일이 상아질을 삭제할 때 접촉 면적을 감소시켜 절삭 효율을 높여준다고 한다¹¹⁾. 그리고 원래 근관 만곡의 심각한 변위 없이 연속적인 경사진 근관 형성을 제공한다고 제기되었다. 그러나, ProTaper 시스템이 소개된 이후, 다소 만곡이 있는 근관에서의 경우 능동적인 삭제 경향에 의한 근관의 변위가 일어날 수 있으며, 많은 이형성과 과도한 근관 직선화가 유발되었다고 보고되었다^{12,13)}. Peters 등¹⁴⁾은 마이크로 CT연구를 통해 ProTaper 시스템이 수동적인 삭제력을 가진 다른 파일 시스템에 비하여 좀 더 많은 근관의 변위를 유발하는 경향을 가진다고 보고하였다. 이 등¹⁵⁾도 역시 ProTaper 파일 시스템이 다른 파일 시스템에 비하여 과도한 근관 삭제와 함께 근관 변위를 유발한다고 레진 블락 실험을 통하여 보고하였다.

이러한 단점을 극복하기 위해 근래에 새로운 ProTaper 시스템인 ProTaper Universal이 변형된 횡단면 구조를 갖고 시판되었다. ProTaper Universal은 S series와 F1 파일에서는 유사한 삼각 횡단면 구조를 지녔지만, F2와 F3에서는 삼각 횡단면에 홈이 패인 형태를 추가하였다. 그리고 좀 더 큰 근단부 성형을 위하여 첨부의 크기가 #40과 #50에 각각 해당하는 F4와 F5 파일도 출시하였다. 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 등⁸⁾의 유한요소 연구에 의해서도 증명되었다.

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. 이 파일의 샤프트는 경사도가 없으며 삭제 말단부보다 작은 직경의 둥근 단면 샤프트를 가짐으로써 최대의 유연성을 갖고 근관계의 원래 만곡 경로를 잘 따른다고 주장되고 있다¹⁶⁾. LightSpeed 기구는 특히 근관을 크게 성형할 때도 원래의 근관 만곡을 안전하고도 효과적으로 잘 유지한다고 보고되었다^{17,18)}.

Walsch¹⁹⁾는 서로 다른 시스템과 방법을 혼용하여 각 근관의 상황에 맞추어 사용하는 것이 적절하다고 하이브리드 개념을 강조하였고 박 등²⁰⁾은 임상가들이 ProTaper와 다른 파일 시스템을 혼용함으로써 최상의 생역학적 성형과 세정 결과를 쉽고 편하게 얻을 수 있다고 추천하였다. 홍 등²¹⁾은 ProTaper S1 (상부 근관 확대 목적)과 일정 경사도를 갖는 일반적 니켈티타늄 파일 (근단부 성형 목적)을 혼용하여 성형 실험

을 한 결과 ProTaper 시스템을 단독 사용한 경우보다 니켈 티타늄 파일 사용 초심자나 숙련자 모두에게서 더 나은 성형 효율을 보였음을 보고하였다. 특히, 근 단 부 에 ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하고 상부 근관에 ProTaper를 사용하였을 때 초심자의 경우에서도 가장 작은 근관 중심변위를 보였다. 유한요소 모형 연구를 통한 ProTaper와 ProFile의 비교 연구²²⁾에서, ProTaper 모형이 좁고 만곡된 경우의 초기 근관 성형에 더욱 적절하고 ProFile 모형은 성형 종결 단계에서 더 적절하다고 보고되었다. 그러나, ProFile 시스템은 경사도를 가진 샤프트를 가져 근관벽으로부터 저항(taper lock effect)을 받을 수 있으며, 이는 기구의 크기가 증가될수록 그 정도가 심해진다. 반면에, LightSpeed 시스템은 큰 근단부 성형의 경우에도 좋은 성형 능력을 보인다고 하였으며^{17,18)}, 그 제조

사조차도 더 나은 임상적 효율을 위해 하이브리드 기법을 추천하였다^{16,23)}.

이 연구의 목적은 ProTaper Universal, LightSpeed 시스템 및 ProTaper Universal의 S 시리즈와 LightSpeed 시스템을 혼용 사용한 경우, 만곡 근관을 50번 크기까지 확대 하였을 때 그 성형 효율을 비교 평가하기 위함이다.

연구 재료 및 방법

1. 모형 근관, 성형 기구 및 방법

Schneider법에 따른 약 40도의 만곡과 16mm의 근관 장을 갖는 72개의 J형 레진 근관 모형 (Endo Training Bloc; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였다. 모형 근관은 성형 기구와 방법에 따라 그림 1에서 처럼 세 그룹으로 구분되

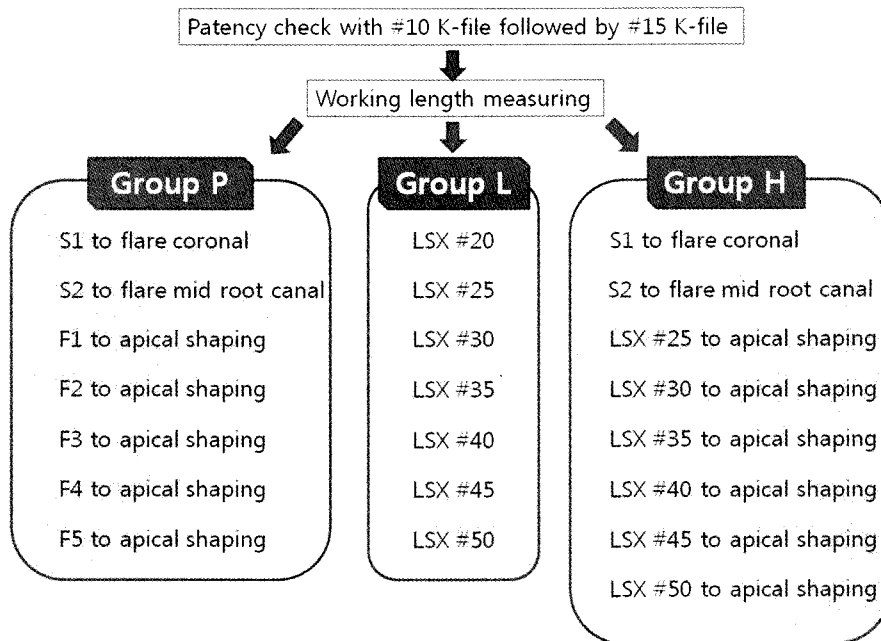


그림 1. 실험군 및 근관 성형 과정 (S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5: ProTaper Universal, LSX: LightSpeed)

었다. ProTaper Universal 시스템으로만 성형한 P군과 LightSpeed 시스템에 의한 L군, 그리고 초기 상부근관을 ProTaper Universal (S1과 S2)로 성형하고 근단부를 #25부터 #50까지 LightSpeed로 성형한 H군으로 나누고 각 군마다 24개의 레진 근관을 성형하였다.

치과보존과 전공의 한 명이 모든 실험 시편 근관을 성형하였다. 각 군의 성형 방법에 따른 파일 사용 순서도 그림 1에 나타냈다. ProTaper Universal 기구는 제조사의 지시대로 pecking 동작과 brushing out 동작으로 사용하였고, LightSpeed는 천천히 아래로 눌러 내리는 (slow pecking-down) 동작으로 사용하였다. 근관 성형 시에는 torque-control motor (Aseptico, Advena Ltd., Hereford, UK)를 사용하고 ProTaper Universal 및 LightSpeed를 위해 각 300rpm과 2500rpm으로 사용하였다. 성형 과정 동안 #10 K-file을 사용하여 근관의 개방성을 확인하였으며 RC-prep (Stone Pharmaceuticals, PA, USA)을 사용하여 윤활시키고 매번 파일 사용 때마다 식염수로 세척하였다. 각 시스템의 파일 기구는 단 한 근관의 성형만을 위해서 사용하고 폐기하였다.

2. 이미지 채득

수용성 메칠렌블루 염색액을 삭제 전 근관 내에 주입하고 근관의 이미지 대조도를 높였다. 근관 성형 전에 레진 블럭에 표식을 붙이고 재연이 가능한 자리에서 스캐너(Scanjet; C8510A, Hewlett-Packard, CA, USA)로 술전 이미지를 스캔하고 저장하였다.

근관 성형이 종결된 후, 확대된 근관에 Vitapex (Neo Dental Chemical Products co., LTD, Tokyo, Japan)를 주입하고 스캐너로 다시 술후 이미지를 채득하였다. 삭제 전 근관 이미지와 삭제 후 근관 이미지를 부착한 표식을 참조로 하여 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 관찰하였다.

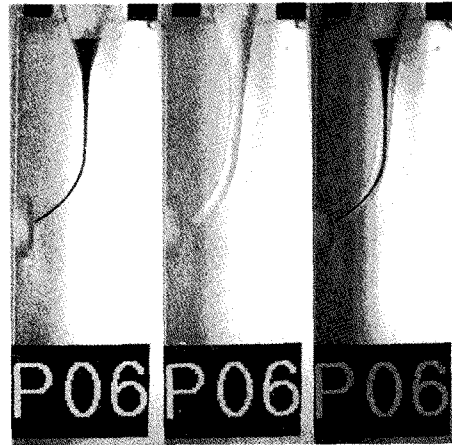


그림 2. 성형 전 이미지(좌), 성형 후 이미지(중) 및 중첩 이미지(우)의 P군 레진 근관 예

3. 평가

근관 성형 효율을 비교하기 위해, 삭제 시간, 증가된 근관 폭, 근관의 중심변위를, 근관 만곡도 및 근관장 감소 등을 평가하였다.

3-1. 삭제 시간

근관 성형에 소요되는 시간을 초단위로 기록하였다. 근관세척이나 파일교체, 근관 개방 확인을 위한 시간 등은 삭제 시간에 포함시키지 않고 순수 삭제 시간만 기록하였다.

3-2. 근관 만곡도 및 근관장 감소

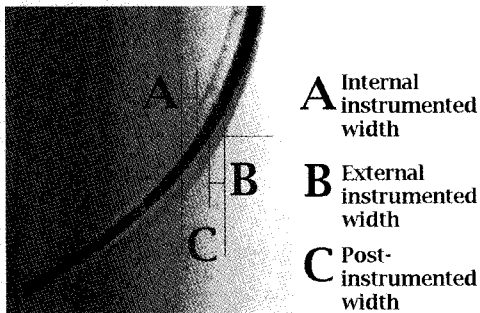
근관 성형 후에는 근관 직선화에 의해 근관 만곡도와 작업장의 감소가 나타난다. 근관 성형 전 후에 작업

장을 측정하여 그 차이를 구하고, 근관 만곡도 역시 성형 전후의 만곡도를 Schneider법^{24~26)}으로 측정하여 감소량을 산출하였다.

3-3. 근관 폭경 증가량 및 중심변위를

근단공에서부터 1~5mm의 레벨에서 근관 성형 전 후의 삭제 폭경을 근관 만곡도의 내외측으로 측정하였다. 내외측 근관 삭제량을 합하여 삭제 후의 근관 폭경을 산출하였다(그림 3).

근관 성형 후의 근관 중심이 이동된 양을 평가하기 위해 근관 중심변위를 산출하였다^{27,28)}. 중심변위는 다음의 방법에 따라 산출하였다: 근관 변위량의 절대값(내외측 근관 삭제량의 차이) / 근관 성형 후 근관 전체 폭경(그림 4).



$A + B = \text{Increased canal width}$
 $\text{Centering ratio} = |A - B| \times 100 / C$

그림 3. 삭제 후 폭경과 근관 중심변위율.

4. 통계 분석

측정하고 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. 삭제 시간

근관 성형에 필요한 삭제 시간을 표 1에 나타냈다. LightSpeed 시스템 근과 ProTaper Universal S series와 LightSpeed를 혼용한 H군은 ProTaper 시

표 1. 근관 삭제 시간(초) 및 근관 성형 후 근관 만곡도(도) 및 작업장(마이크로미터) 감소량(평균±표준편차)

	P군	L군	H군
근관삭제시간	67.21±9.21A	43.28±3.33 B	43.75±3.92 B
근관 만곡도 감소	3.13±1.23 A	0.50±0.72 C	1.63±1.01 B
근관 작업장 감소	570±197 A	295±181 B	271±215 B

ABC; Significant differences between groups indicated with different alphabets ($p < 0.05$).

스템에 비하여 삭제 시간이 덜 소모되었다($p < 0.05$).

2. 근관 만곡도 및 작업장의 감소

ProTaper 시스템은 다른 군에 비해 더 많은 근관 만곡도의 감소 및 작업장의 감소를 보였다($p < 0.05$). LightSpeed 군은 근관 만곡도를 가장 잘 유지하는 특성을 보였다(표 1).

3. 근관 삭제 폭경 및 근관 중심변위를

각 군의 대표 중첩 이미지를 그림 4에 나타냈다. P군은 측정된 모든 높이에서 최대의 삭제량을 보였다($p < 0.05$) (표 2). L군과 H군은 5mm 레벨을 제외한 모든 측정 위치에서 최소의 삭제폭을 나타냈다($p < 0.05$).

L군과 H군은 모든 레벨에서 P군에 비해 더 작은 중심변위를 보였다($p < 0.05$). 특히 H군은 1mm 레벨에서 가장 작은 중심변위를 나타냈다($p < 0.05$).

각 군의 근관 삭제량 및 중심변위를 반영한 삭제 후 근관의 상대적 위치 및 폭경을 그림 5에 나타냈다. 일반적으로, L군과 H군은 유사한 근단부 성형 능력을 보이지만, P군은 다른 군에 비해 내외측 변위가 큰 것

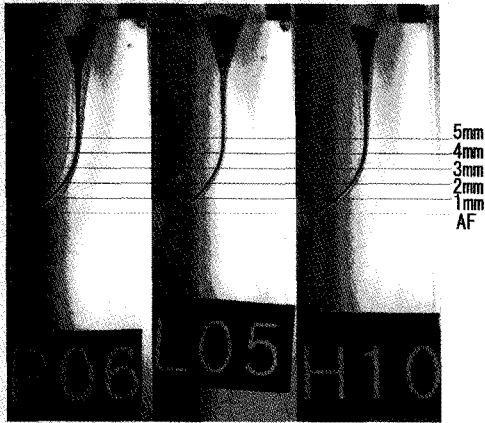


그림 4. 측정 군의 중첩 이미지 (P군의 P06, L군의 L05 및 H군의 H10). 수평선은 근점공 레벨(AF)에서부터 1~5mm 측정 위치.

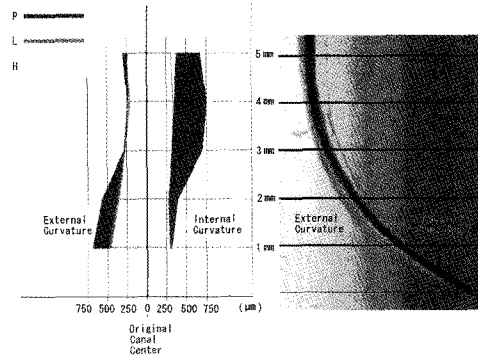


그림 5. 근관 삭제량 및 중심변위율을 반영한 삭제 후 각 군 근관의 상대적 평균 위치 및 폭경.

표 2. 근관 성형 후 증가된 근관 폭경 (마이크로미터; 평균± 표준편차)

측정위치	군	P군	L군	H군
1 mm		1007±62 ^A	721±43 ^B	748±68 ^B
2 mm		958±67 ^A	635±30 ^B	628±24 ^B
3 mm		980±72 ^A	577±36 ^B	569±24 ^B
4 mm		982±67 ^A	552±38 ^B	544±27 ^B
5 mm		959±57 ^A	530±23 ^C	607±26 ^B

ABC; Significant differences between groups indicated with different alphabets at each level ($p < 0.05$).

을 볼 수 있다.

총괄 및 고찰

근관의 생역학적 성형을 위해서는 기계적인 성형과 항균세척을 필요로 하고 이는 직접적으로 근관계의 미생물을 제거하는 데 기본이 된다. 이러한 근관 치료의 절대적인 목적을 위해 다양한 근관 치료 기구와 방법이 개발되고 제시되었다. 1988년에 니켈티타늄 기구가 처음 제시된 이후, 근관 성형에 있어 뛰어난 장점 때문에 임상 근관치료에 널리 사용되고 있다⁴⁾. 니켈

표 3. 근관 성형 후 근관 중심변위율 (%; 평균±표준편차)

측정위치	군	P군	L군	H군
1 mm		33.35±12.91 ^A	30.37±11.82 ^B	18.85±10.58 ^C
2 mm		16.94±9.33 ^A	11.40±10.26 ^B	9.53±7.16 ^B
3 mm		43.92±9.10 ^A	11.71±9.54 ^B	11.82±9.31 ^B
4 mm		53.69±8.50 ^A	18.96±9.29 ^C	25.39±10.43 ^B
5 mm		39.41±8.70 ^A	13.93±8.46 ^C	23.12±9.17 ^B

ABC; Significant differences between groups indicated with different alphabets at each level ($p < 0.05$).

티타늄 파일은 임상가가 진료 중 만들 수 있는 오류를 최소화하면서 근관을 기계적으로 잘 확대할 수 있도록 해 주어, 근관 성형 원리의 기본 목적 중 하나인 근단 공에서 근관입구까지 연속적 경사를 갖는 깔대기 모양을 만드는 것이 용이해졌다^{14, 29, 30)}. 특히, 니켈티타늄 파일을 이용한 크라운-다운 테크닉은 전통적인 스텝-백 성형 방법에 비해 확장된 치경부 근관으로부터의 화학기계적 성형의 효율을 높이고 잔사 제거 및 근단부 근관의 세척을 더욱 용이하게 해주는 기회를 제공한다^{30, 31)}. 니켈티타늄 파일은 니켈티타늄 합금의 고탄성적인 기계적 특성으로부터 이러한 목적이 더 쉽게 달성될 수 있게 하였다³¹⁾. 한편 제조사들은 각 상품이

다른 상품을 넘어서는 고유의 장점을 갖는다고 주장하고 있다.

니켈티타늄 파일 시스템의 파절이나 성형 효율에 관한 기계적 성질은 보통 각 파일의 구조적 특성에 따르게 된다. 이러한 기계적 특성을 비교하기 위해, 니켈티타늄 파일 시스템의 구조적 특성과 관련한 근관 성형을 비교하는 다양한 연구들이 진행되어 왔다^{32~36}. 대부분의 일정한 샤프트 경사도를 갖는 파일 중 다양한 횡단면 구조에 따른 차이를 연구하였으며, 샤프트의 점진적 경사도 변화가 특징인 ProTaper와 다른 일정 경사도의 파일을 비교하는 연구도 일부 진행되었다. 이전의 많은 연구에서 일정한 경사도의 ProFile 시스템은 큰 경사도를 갖고 변위나 이형성 유발이 많은 ProTaper 시스템이나 또 다른 시스템에 비해 더 작은 중심변위율을 갖는다고 보고하였다^{11~15, 37, 38}. ProFile과 ProTaper 뿐만이 아니라, LightSpeed 시스템도 다른 시스템에 비한 삭제 효율들이 비교되었다^{17, 32, 39, 40}. 이러한 비교를 통해, 각 시스템의 고유 특성을 이용하는 하이브리드 개념과 기법이 창출되었다. 하이브리드 기법은 상부 근관 확대에 유리한 특성을 가진 파일과 더 작은 근단부 중심 변위율을 가진 다른 시스템의 특성을 동시에 장점으로 나타냈다^{19, 21, 22, 33}.

이 연구에서는, 완전히 다른 샤프트 디자인을 가진 ProTaper Universal과 LightSpeed 니켈티타늄 파일 시스템을 비교하였다. 두 시스템 모두가 서론에 언급한 바처럼 샤프트의 경사도가 일정하지 않은 특이한 시스템이다. 각 샤프트는 그 횡단면의 형태적 특성과 관성모멘트(moment of inertia)에 따른 비틀림 저항이나 반응력(reaction force)을 갖게 되고 이 반응력은 횡단면 면적이나 관성모멘트와 비례한다⁴¹. 따라서 큰 샤프트 경사도를 가진 파일은 파일의 크기가 커짐에 따라 점차 더 큰 반응력을 갖게 되고 강직성을 갖는다. 일반적으로 근관치료 임상에서 충분한 세균의 제거를 위해서는 더 큰 근단부 성형을 추천한다⁴². 따라서 이 연구에서는 근단부 최종 성형크기를 #50으

로 하였을 때의 임상 상황을 조건으로 하였다.

자연치이는 근관 형태나 상아질의 정도에 많은 다양성을 가지지만, 이 연구에서는 투명 레진 모조 근관을 이용하여 실험 조건을 제한하였다. 모조 레진 근관은 다른 기구의 성형 능력을 직접 비교하기에 적절하고 발거치에서의 실험 내용을 확인하기에 좋다^{3, 5}. 그러나 LightSpeed 시스템의 경우 제조사가 추천하는 빠른 회전 속도(2500~3000rpm)^{17, 39}를 사용하였을 때 레진 근관이 녹아버리기 때문에 레진블락 모조 근관을 이용한 연구가 드물다. 예비 실험을 통해 레진이 녹지 않는 상태에서 모조 근관을 성형하기에 적절한 속도와 토크를 2500rpm 및 2.0Ncm으로 확인하고 이에 맞추어 실험을 진행하였다.

레진 블락 모조 근관을 성형하는 것이 비록 실제 상아질 근관을 삭제하는 것과는 경도나 삭제 경향 차이에 의해 상이한 결과를 나타낼 수 있지만 성형 효율을 평가하는 한가지 범주로 성형 시간을 평가하였다. 다른 여러 연구에서도 삭제 시간을 니켈티타늄 파일 시스템을 비교하는 범주로 사용하였다^{43~45}. 그러나 Young 등³⁰은 삭제 시간은 기구 자체보다는 사용된 성형 기법이나 술자 요소에 의해 더 많이 좌우된다고 하였다. 그럼에도 불구하고, 사용되는 파일의 개수는 소요 시간을 결정하는 주된 요소가 아닐 수 없다. 예를 들면, 단 몇 개의 니켈티타늄 파일을 사용하는 ProTaper 시스템은 많은 개수를 사용해야 하는 LightSpeed에 비해 적은 시간이 소모 될 가능성이 많다³⁰. 그러나, 이 연구에서는 P군이 사용하는 파일 개수가 같거나 하나가 적음에도 불구하고 L군이나 H군에 비해 소요 시간이 더 오래 걸렸다. 이는 아마도 ProTaper Universal 시스템의 삭제날 샤프트의 큰 경사도에 기인한 것 같다. 특히, F시리즈의 근단부 성형 파일(F1~F5)은 점차 근관과의 접촉면적이 넓어져서 근단부 성형동안 기구가 근관에 끼이거나 taper locking되는 일이 잦은 원인이 된다. 반대로, LightSpeed는 경사도가 없는 샤프트이고 이론적으

로는 삭제날을 가진 팁보다 작기 때문에 근관과의 접촉이 없어 샤프트로부터의 영향을 거의 받지 않는다. 그러나, 이 비교 실험에서는 파일 교체 시간이나 근관 세척 시간을 반영하지 않았기 때문에 임상상의 경우는 반대의 결과를 나타낼 수 있다. 그렇지만 임상에서도 이러한 기구 교체에 따른 시간 소모를 줄이기 위한 방법으로 두 개 이상의 핸드피스를 사용할 수 있고, 진로 보조자가 두 번 째 핸드피스에 러버스탑과 함께 길이 조절을 한 파일을 미리 끼워 교체 사용함으로써 기구 수 증가와 관련한 시간 소모를 줄일 수 있음을 제안되었다²³⁾.

근관 성형은 원래의 근관 형태를 따라야 한다²⁹⁾. 그러나, 만곡 근관에서는 일반적으로 근관 형성 후 근관 만곡도와 근관장이 감소한다. 이 연구에서, L군은 근관 만곡도를 가장 잘 유지한 반면 P군은 약간의 직선화를 초래하였다. 이 결과 역시 ProTaper 파일의 큰 샤프트 경사도와 강직성에 의한 것으로 해석된다. 근관 형성 중에 근관장은 보통 감소하게 되는데 이는 과충전을 유발하는 원인이 될 수 있다. H군은 약간의 만곡도 감소를 나타냈음에도 L군 만큼 원래의 근관장을 유지하였다. 이는 근관장을 잘 유지함과 동시에 치관부 확대를 통해 좀 더 깊은 근관까지 직선 접근을 확보하고 동시에 잔사 제거에 유리하다는 것을 의미한다. 즉, L군이 근관 만곡도를 가장 잘 유지하기는 하였으나, H군에서 더 많이 확보된 근관 상부의 경사가 큰 성형은 효과적인 잔사 제거와 세척을 가능하게 할 것이다. Thompson과 Dummer^{17,39)}도 LightSpeed (초기모델; LS)가 근관장을 유지하는데 뛰어나다고 하였으며 이 샤프트 횡단면의 낮은 관성모멘트와 낮은 샤프트 강직성, 파일 팁 부위의 두 개의 작은 라디알랜드에 의해 기인된 것으로 보여진다.

ProTaper Universal 파일은 동일한 팁 크기의 다른 파일과 비교하였을 때 더 큰 경사도와 더 두껍고 뾰족한 샤프트를 가짐으로써 삭제시간을 줄일 뿐 만 아니라 (이 연구에서의 실제 결과와는 다름) 근관 삭

제 폭과 변위량을 증가시킨다고 하였다^{10,11,14)}. 근관 폭경 증가량에 있어 비록 근관 폭경의 수평적 측정으로 과장된 결과가 나타났기는 하지만 P군은 모든 레벨에서 근관 상아질을 많이 삭제 하였다. 이러한 수평적 측정 방법은 각 레벨에서 시스템이나 방법을 비교함에 있어 왜곡은 일으키지 않는다. 다만 증가폭을 다른 측정 레벨에서의 수치와 직접 비교하는 것은 모순되므로 유의하여야 한다.

P군은 모든 레벨에서 큰 중심변위율을 나타냈고 이는 모든 레벨에서 변위량이 크다는 것을 의미한다. 이 연구에서 중심변위율은 근관의 내외측으로 삭제된 폭경 양의 비를 계산한 것이기 때문에 수평적으로 측정된 방법에 의해 과장되거나 왜곡되지 않으며, 다른 실험 연구의 결과들과 유사하다³³⁾. 초기 ProTaper 모델이 가진 근단부 변위 유발 등의 잠재적인 단점이 이 연구에서 사용된 ProTaper Universal로의 형태적 변화가 동반되면서 최소화되었다고 제조사가 주장하였고 김 등³³⁾은 ProTaper Universal이 과거 ProTaper 모델에 비해 변위를 적게 유발하는 실질적인 개선이 있었음을 보고하였다. 그렇지만 ProTaper Universal은 여전히 초기 ProTaper만큼 큰 중심변위율을 보인다고 하였다. 더욱이 이러한 연구들에 비해 이번 연구에서는 근단부 성형 크기를 50번으로 하여 비교함으로써 30번 크기로 주로 비교하였던 이전의 연구들에 비해 더 큰 샤프트 강직성을 나타내고 따라서 P군에서 더 큰 근관 만곡 외측으로의 변위를 나타내었다. 이러한 경향은 근관 만곡의 외측으로 향하는 파일의 큰 복원력, 즉 니켈티타늄 파일의 디자인에 의해 특징적인 고탄성이 감소되었기 때문이라고 할 수 있다^{11,12,21,22,33,37)}. 이러한 특성은 만곡 근관에서 특히 많이 얹어져 있는 치근 상아질의 성형 시에 심한 변위에 이어 치근 파절의 위험성까지 증가시킬 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해, Griffiths 등⁴⁶⁾은 만곡 근관의 깊은 부위에서는 크고 뾰족한 파일을 사용하는 것을 최소화할 것을 추천하였다. 또 안전하고 빠

르며 예측 가능한 결과를 얻기 위해 여러가지 다양한 시스템을 조합하여 사용하는 혼용 사용법의 개념을 제기하였다⁹⁾.

ProTaper Universal의 S 시리즈는 니켈티타늄 파일의 혼용 사용법에서 점진적으로 증가하는 경사도를 가지고 있어 치관부 근관을 효과적으로 넓힐 수 있는 것으로 혼용 기법의 성형 효율을 비교한 다른 연구 결과와 마찬가지로 결과를 보였다^{21,33)}. 치관부의 초기 확대가 근관 이형성 빈도를 줄이고 근관 세척을 쉽게 할 수 있도록 깔대기 모양으로 경사진 성형을 잘 만들 수 있도록 하였다³⁸⁾. 또 이 방법은 기구의 근관 내 과도한 접촉을 감소시켜 기구 파절의 위험성을 최소화 할 수 있다⁴⁷⁾.

P군은 파일의 크기 때문에 다른 군에 비해 모든 측정 레벨에서 당연히 큰 폭경을 보인다. 반면에, 그림 4에서처럼 L군은 근단부 뿐 만이 아니라 치경부(치관부)에서도 가장 적은 삭제량과 좁은 근관 형태를 보였다. 물론 이 연구에서는 치근 중앙부나 치관부 근관은 측정하지 않았지만, 기계화학적 성형의 개념에 비추어 보았을 때 L군처럼 최소 확장이나 적은 치경부 확대는 효과적인 잔사 제거나 근관 세척에 충분하지 않을 수 있다. 따라서 H군처럼 LightSpeed 시스템의 혼용 사용은 이러한 기계화학적 성형의 개념에서 볼 때 더 나은 방법이 될 것이다.

이 연구에서 L군이 일반적으로 P군보다 작은 중심 변위를 보였지만, 1mm 레벨에서는 H군이 L군보다 더 작은 중심 변위를 보였다. 이는 ProTaper Universal의 S 파일을 사용하여 치관부 확대를 한 것이 하방 근관으로 진입을 방해하는 부위를 제거함으로써 LightSpeed 시스템의 장점이 더 극대화된 것으로 볼 수 있다. LightSpeed 파일은 치근 중앙부 근관까지 직선적 접근이 되도록 하여 근관벽이 회전하는 파일을 치근 중앙부까지 방해없이 가이드 해야 한다고 보고하였다²³⁾. 이는 #15, 20, 25등의 H 파일을 사용하여 삭제함으로써 가능할 수 있다. 제조사도 역

시 LightSpeed를 사용할 때는 일반적인 다른 파일을 사용한 taper technique을 병행하여야 한다고 하였다²³⁾. Taper 파일의 제조사가 원하는 방법으로 crown-down 방식으로 적절한 크기까지 성형 및 세정을 한 후, LightSpeed 기구를 사용하여 이 연구에서처럼 근단부 근관을 확대할 수 있다.

홍 등²¹⁾은 ProTaper S1과 ProFile 혹은 Hero 시리즈를 동반한 혼용법을 추천하였다. 특히 니켈티타늄 파일 사용에 익숙하지 않은 초심자의 경우, ProTaper와 ProFile을 혼용한 방법이 스테인레스스틸 파일이나 Hero Shaper를 혼용한 방법보다 더 작은 중심 변위를 나타냈음을 보고하였다. 반면에 김 등³³⁾은 ProTaper Universal이 많은 개선을 이루었으므로 숙련자의 경우에 한해 ProTaper Universal의 S 시리즈와 다른 일반적 경사도의 니켈티타늄 파일을 혼용 사용하는 것은 더 이상 효율적이지 않으며 ProTaper Universal 시스템만으로도 혼용법 만큼 효과적인 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 그러나, 김 등³³⁾의 연구에서는 숙련자에 의해 #30 크기의 근단부 형성 조건으로 이루어졌다. 따라서, #50 크기나 그 이상의 크기를 필요로 한 곳에서 생역학적 근단부 성형을 위해서는, LightSpeed 시스템과 ProFile 등의 수동형 파일이나 수동 니켈티타늄 파일 등을 적절히 혼용하는 것이 도움이 될 것이다^{19,20,22)}.

다양한 파일들의 물리적 기계적 특성을 이용한 다양한 혼용법이 있을 수 있다. 이 연구는 ProTaper Universal과 LightSpeed 시스템을 다른 시스템과 혼용한 방법을 비교하여 제시하지는 않았다. 다양한 니켈티타늄 파일 시스템을 사용한 다양한 혼용법의 효율성을 비교하는 연구도 필요할 것이다. 특히 자연치를 이용한 생물학적 목적의 달성 정도를 평가하는 연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

결론

이 연구의 조건하에서, 유연한 LightSpeed eXtra 시스템이 근관장이나 근관 만곡도를 가장 잘 유지하면서 근관 성형을 할 수 있었다. 아울러

ProTaper Universal과 LightSpeed 시스템을 혼용한 방법이 단일 파일이나 시스템을 사용한 것보다는 근관 성형에 있어 생역학적 목적을 달성하는 데 더욱 효율적인 방법이 될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- Ruddle CJ. Cleaning and shaping root canal systems. In: Cohen S, Burns RC, eds. *Pathways of the pulp*. 8th ed. St. Louis: CV Mosby 2002;231-291.
- Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346-351.
- Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004;30:432-435.
- Chen JL, Messer HH. A comparison of stainless steel hand and rotary nickel-titanium instrumentation using a silicone impression technique. *Aust Dent J* 2002;47:12-20.
- 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;34:452-457.
- Schäfer E. Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-Flexofiles in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92:215-220.
- West J. Endodontic Update 2006. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(5):280-300.
- 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.
- Ankrum MT, Hartwell GR, Trutt JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved root of molars. *J Endod* 2004;30(4):234-237.
- 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.
- Clauder T, Baumann MA. ProTaper NT system. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):87-111.
- Calberson FL, Deroose CA, Hommez GM, De Moor RJ. Shaping ability of ProTaper Nickel-Titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J* 2004;37(9):613-623.
- Schäfer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2004;37(4):229-238.
- Peters OA, Peters CI, Sch neberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J* 2003;36(1):86-92.
- Lee CH, Cho KM, Hong CU. Effect of various canal preparation techniques using rotary Nickel-Titanium files on the maintenance of canal curvature. *J Kor Acad Cons Dent* 2003;28(1):41-49.
- 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;23:698-702.
- Knowles KI, Hammond NB, Biggs SG, Ibarrola JL. Incidence of instrument separation using LightSpeed rotary instruments. *J Endod* 2006;32:14-16.
- Walsch H. The hybrid concept of nickel-titanium rotary instrumentation. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):183-202.
- Park SH, Cho KM, Kim JW. The Efficiency of the Ni-Ti Rotary files in Curved Simulated Canals Shaped by Novice Operators. *J Kor Acad Cons Dent* 2003;28(2):146-155.
- Hong ES, Park JK, Hur B, Kim HC. Comparison of shaping ability between various hybrid instrumentation methods with ProTaper. *J Kor Acad Cons Dent* 2006;31(1):11-19.
- Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibbia A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *J Endod*

참고 문헌

- 2003;29(1):15-19.
23. Barbakow F. The LightSpeed System. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):113-135.
 24. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 1971;32:271-275.
 25. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod* 2002;28(3):211-216.
 26. Gunday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod* 2005;31:796-798.
 27. Calhoun G, Montgomery S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. *J Endod* 1988;14(6):273-277.
 28. Kosa DA, Marshall G, Baumgartner JC. An analysis of canal centering using mechanical instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25(6):441-445.
 29. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18(2):269-296.
 30. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J* 2007;52(1 Suppl):S52-63.
 31. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30(8):559-567.
 32. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2002;35(1):37-46.
 33. Kim JW, Park JK, Hur B, Kim HC. Comparison of shaping ability using various Nickel?Titanium rotary files and hybrid technique. *J Kor Acad Cons Dent* 2007;32(6):530-541.
 34. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2003;36(5):358-366.
 35. 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* 2003;95(2):228-233.
 36. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2005;38(1):8-16.
 37. 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* 2002;28(4):316-321.
 38. Kum KY, Spångberg L, Cha BY, Jung IY, Lee SJ, Lee CY. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod* 2000;26:719-723.
 39. Thompson SA, Dummer PH. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *J Endod* 1997;23:742-747.
 40. 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;31:103-111.
 41. 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.
 42. Rollison S, Barnett F, Stevens RH. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(3):366-371.
 43. Glossen 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;21:146-151.
 44. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel?titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K Flexofile-Part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2002;35:514-521.
 45. Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2003;36:208-217.
 46. 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;33:346-354.
 47. Schäfer E, Erler M, Damaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2006;39:196-202.