대구치에서 회전식 NiTi file의 수명과 파절양상

김진우* · 안병두 · 박세희 · 신혜진 · 조경모
강릉대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

LIFETIME AND FRACTURE PATTERNS OF NITI ROTARY FILES IN MOLARS

Jin-Woo Kim*, Byung-Doo Ahn, Se-Hee Park, Hye-Jin Shin, Kyung-Mo Cho
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kangnung National University

Intracanal separation of the rotary files is a serious concern in modern endodontic practice. The objective of this study was to compare the life span and fracture patterns of three NiTi rotary files in molar teeth.

Mesiobuccal roots of upper molar (n = 150) and mesial roots of lower molar (n = 150) were divided into three groups and each group was prepared with Profile, ProTaper, and K3 respectively. Every file was used until separation and/or deterioration of the cutting blade was happened, and then the number of canals to separation and/or unwinding were recorded. Radiographs and Scanning electon microscope (SEM) photographs were taken to evaluate the patterns of separation.

The results were as follows :

1. There were no significant differences in numbers of canals to separation and/or unwinding among the groups.
2. Comparing between flaring files, K3 showed significant lower numbers of canals to separation and/or unwinding ($p < 0.05$), and there was no significant difference between shaping files
3. Separations of instruments were occurred at the midpoint of curvatures within the canals.
4. In SEM observations, ductile fractures were seen in most of cases, characterized by shallow dimples.

Additional researches is needed to provide a new guideline that informs the appropriate number of times to use NiTi files. [J Kor Acad Cons Dent 30(2):190-198, 2005]

Key words: NiTi file, separation, Unwinding, SEM

- Received 2004. 10. 27, revised 2004. 12. 8, accepted 2005. 2. 16 -

Ⅰ. 서 론

근관성형은 근관치료의 성공을 위한 가장 중요한 과정으로써, 근관내 치수잔사 및 감염 상아질을 제거하고, 근단공을 가능한한 작게 보존하면서, 치경부로 갈수록 넓어지는 깔대기 모양을 가지도록 하여야 한다[1]. 근관의 해부학적 구조는 매우 다양하고, 거의 모든 부분에서 만곡이 있으며 보기에 직선인 근관조차도 근단부 1/3에서는 만곡이나 불규칙

* Corresponding author: **Jin-Woo Kim**
Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Kangnung National University,
Jibyun-Dong, Kangnung City, Kangwon-Do, Korea, 210-702
Tel: 82-33-640-3189 Fax: 82-33-640-3113
E-mail: mendo7@kangnung.ac.kr

※ 이 논문은 2003년도 강릉대학교 학술연구조성비(2003-0170) 지원에 의하여 수행되었음.

을 가지고 있어[2], 이러한 근관을 유연성과 경사도가 적은 stainless steel file (SS file)로 형성하는 것은 적절한 근관 형태나 경사도를 얻기가 어려우며, 사용방법을 숙련하는데 많은 시간과 노력이 필요하다[3].

Walia 등[4]에 의해 근관형성용 file이 제작된 이래 높은 유연성과 파절저항성 등의 장점을 가지고 있는 NiTi file (Nickel Titanium file)이 SS file을 대신하여 광범위하게 사용되고 있다. 일반적으로 NiTi file이 SS file에 비해 근관형성능력이 우수하다고 여겨지고 있으며, Glosson 등[5]은 NiTi file이 SS file에 비해 근관의 중심을 유지하는 능력이 우수하며, 더 둥근형태의 근관을 형성할 수 있고, transportation 이나 ledge를 줄일 수 있다고 하였고, Serene 등[6]은 기존의 SS file에 비해 NiTi file을 사용할 경우 근관형성 시간을 최소 20% 단축할 수 있으며, 구치부에서 근관형성 시 유의할 만한 향상이 있었다고 보고한 바 있다.

그러나, 회전식 NiTi file도 몇 가지 단점이 있으며, 기구 파절의 위험성이 높다는 것이 가장 큰 단점이라고 할 수 있다[7-9]. 이런 기구의 파절은 두개의 근관이 하나로 합쳐지는 부위나, 만곡이 심한부분, S-형 근관, 근관이 두 갈래로 갈라지는 부분 등과 같은 근관의 해부학적 변이가 일어나는 부위에서 주로 발생하며[10], 일단 파절되면 제거를 하기위해 많은 시간과 노력이 필요하고, 제거가 불가능한 경우도 있어 임상가들이 많은 스트레스를 받게 되므로 파절을 예방하는 것이 최우선이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 SS file과는 달리 NiTi file은 대부분의 경우 날이 풀어지거나 예각으로 꺽이는 현상과 같은 시각적인 삭제날의 어떠한 변형 없이도 파절되어, 육안을 이용한 NiTi file을 평가하는 방법만으로는 NiTi file의 수명을 예측하기 어렵다는 문제가 있다[11].

NiTi file의 수명에 대해서 제조회사에서는 일반적으로 10 회 정도 사용하는 것을 권장하고 있으며, 심지어 만곡이 심한 근관에서는 한번만 사용하는 것을 추천하고 있으나, 많은 임상가들은 실제 임상에서 NiTi file의 수명에 대한 의문을 갖고 있으며 이에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다.

회전식 NiTi rotary file의 파절에 대한 기존의 연구는 주로 금속제 모형근관에서 이루어졌는바, 근관의 형태를 표준화시킬 수 있다는 장점이 있으나 실제 치아의 다양한 근관의 형태를 반영하지 못했고, 실제 임상에서의 근관형성 시 이루어지는 NiTi file의 axial movement를 재현하지 못했다는 단점이 있으며, 동일한 모형근관에서의 결과를 실제 임상에 적용하기에는 어려움이 있었다[12-14].

이에 본 실험에서는 실제 치아의 근관에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 NiTi file인 Profile, ProTaper 및 K3를 이용하여 근관을 형성하고, 이 때 발생하는 NiTi file의 파절 및 변형양상을 연구 분석하여 임상에서의 NiTi file의 수명과 파절양상에 대한 다소의 지견을 얻었기에 보고하고자 한다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

우식이나 파절이 없는 발거된 상악 대구치와 하악 대구치를 실험대상으로 하였으며, 실험 전까지 4℃, 10% formalin 용액에 보관하였다. 실험의 편의를 위해 근관와동형성 후 상악 대구치의 근심협측 치근과 하악 대구치의 근심치근만을 실험에 사용하였다. 근관내 잔존 치수조직은 barbed broach를 이용해 제거하였다. #10 K-type file로 근단공까지 도달하지 않는 근관과 #20 file이 근단공을 통과하는 치근은 본 실험에서 제외하였다.

150개의 상악 대구치 근심협측치근과 150개의 하악 대구치의 근심치근을 실험에 사용하였으며, 치근의 정면과 인접면에서 방사선 촬영을 하여, 근관 만곡의 반지름 (radius of curvature)과 만곡도 (angle of curvature)를 측정하였다[14].

실험용 NiTi file로는 ProFile system (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), ProTaper system (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) 및 K3 file (Sybron Endo, West Collins, USA)를 사용하였다.

근관형성용 엔진으로는 과부하가 걸렸을 때 자동 역회전 기능을 가진 Aseptico AEU 20 ITR (Aseptico inc., Woodinville, WA, USA)에 1:8 감속 contra-angle (Anthogyr, Sallanches, France)을 장착하여 300rpm의 속도로 사용하였다.

2. 실험군 분류

총 300개의 치근을 세 개의 실험군으로 분류하고, 각 군당 상, 하악 대구치 50개씩 총 100개씩의 치근을 배정하였으며, 각 군의 분류는 다음과 같다.

1군: ProFile system으로 근관을 형성한 군
2군: ProTaper system으로 근관을 형성한 군
3군: K3 file로 근관을 형성한 군

치아의 해부학적 형태에 따른 영향을 최소화 하기위해 근관 만곡의 반지름과 만곡도 및 근관의 수에 따라 각 군에 균등 배분하려고 최대한 노력하였으며, 각 군별 근관 만곡의 반지름과 만곡도의 평균과 표준 편차 값은 Table 1과 같다.

3. 근관형성

각 치근의 작업장은 #10 K-file을 이용하여 각각의 근관내에 치근단공에 도달될 때까지 위치시킨 후 그 길이에서 1mm를 뺀 것으로 정하였다. 각 군 공히 각 제조회사에서

추천하는 방법으로 근관을 형성하였고, 근관형성동안 윤활제로 RC-prep (Premier Dental Products Co., Phila- delphia, PA, USA)를 사용하였고, #27 gauge (0.4 ㎜)의 needle tip (ENDO-EZE. Ultradent Inc. South Jordan, Utah, USA)을 장착한 10 ㎖ irrigation syringe를 이용하여 2.5% NaOCl 용액으로 근관세척 하였다. 실험에 사용한 file은 사용한 횟수의 번호가 표시되어 있는 용기에 보관하여 사용횟수를 쉽게 알 수 있게 하였다.

각 군 공히 100 개씩의 근관을 형성하였고, 각 file은 파절되거나 삭제 날의 변형이 생길 때 까지 계속하여 사용하였으며, 파절되거나 삭제 날이 변형된 경우, 그 사용횟수를 기록하고 새로운 file로 교체하였다.

1) 1 군: ProFile system으로 근관을 형성한 군

#15 K file로 근단공의 개방성을 확인하고 제조회사의 지시대로 Orifice shaper (OS) #3, #2를 사용하여 근관의 치관부 1/3를 형성하였고, ProFile #25/.06, #20/.06 및 #25/.04의 순으로 근관의 치관부 2/3까지 형성한 다음 #20/.04과 #25/.04를 이용하여 작업장까지 근관을 형성하였다.

2) 2 군: ProTaper system으로 근관을 형성한 군

#15 K file로 근단공의 개방성을 확인하고 제조회사의 지시대로 S1과 Sx을 이용하여 치관부 근관을 형성한 다음 S1, S2, F1 및 F2의 순으로 작업장까지 근관을 형성하였다.

3) 3 군: K3 file로 근관을 형성한 군

#15 K file로 근단공의 개방성을 확인하고 제조회사의 지시대로 #25/.10와 #25/.08를 이용하여 치관부 근관을 형성한 다음 #40/.06, #35/.06, #30/.06, #25/.06, #20/.06 및 #25/.06의 순으로 작업장까지 근관을 형성하였다.

4. 파절 또는 변형된 file의 분석

비교의 편의를 위해 각 file 시스템을 용도와 형태에 따라 flaring용과 shaping용의 file로 분류하였다 (Table 2).

File이 근관내에 파절되거나 변형된 경우, 각 file의 번호, file이 파절이나 변형될 때까지 형성한 근관의 수 즉, file을 사용한 횟수와 파절된 길이를 기록하였고, 방사선 사진을 정면과 인접면 방향에서 촬영하여 그 위치를 확인하였다. 파절되거나 변형된 file은 주사전자현미경으로 촬영하여 그 형태를 분석하였다. 통계처리는 Mann-Whitney U test를 이용하였다.

Table 1. Angle and radius of curvature of root canals in this study

	Group 1	Group 2	Group 3
Angle of curvature (°)	36.4 ± 11.5	37.5 ± 11.1	37.9 ± 13.3
Radius of curvature (㎜)	9.92 ± 4.8	10.1 ± 4.6	10.5 ± 5.9

Table 2. Classification of NiTi rotary file used in this study

Group	Classification	# of NiTi rotary file
ProFile	Flaring	OS#3, OS#2
	Shaping	#25/.06, #20/.06, #25/.04, #20/.04
ProTaper	Flaring	S1, Sx, S2
	Shaping	F1, F2
K3	Flaring	#25/.10, #25/.08
	Shaping	#40/.06, #35/.06, #30/.06, #25/.06, #20/.06

Ⅲ. 실험결과

1. NiTi file의 사용 횟수

각 실험군에서 NiTi file이 변형되거나 파절 전까지 사용한 횟수는 Table 3과 같다.

Flaring file과 shaping file을 포함한 전체적인 각 군 간의 비교에서는 세 군 사이에 통계적으로 유의할만한 차이가 없었다.

Flaring file 간의 사용 횟수는 1군인 ProFile, 2군인 ProTaper, 3군인 K3의 순으로 적었으며, 3군인 K3 flaring file의 사용 횟수가 다른 두 군에 비해 통계적으로 유의성 있게 적었고 ($p < 0.05$), shaping file 간의 비교에서는 3군인 K3, 2군인 ProTaper, 1군인 ProFile의 순으로 사용횟수가 많았지만, 통계적으로 유의할만한 차이는 보이지 않았다.

2. 파절된 file의 길이

각 실험군에서 NiTi file이 파절된 file tip의 길이는 1군인 Profile 군에서 2.0 ± 1.0 ㎜, 2군인 ProTaper 군에서

Table 3. Mean numbers of the canals which one file could prepare

	Experimental groups		Mean ± SD	
1	ProFile	Flaring	29.0 ± 24.1 (4 / 1)†	20.4 ± 15.2 (16 / 3)
		Shaping	17.3 ± 10.1 (12 / 2)	
2	ProTaper	Flaring	26.5 ± 19.6 (7 / 1)	25.1 ± 13.5 (13 / 1)
		Shaping	24.1 ± 7.9 (6 / 0)	
3	K3	Flaring	11.3 ± 5.7 (15 / 0)*	19.4 ± 17.8 (21 / 2)
		Shaping	34.5 ± 23.1 (6 / 2)	

†: (# of fractured files / # of unwinding files).

*: Statistically significant difference, $p < 0.05$ by Mann-Whitney test.

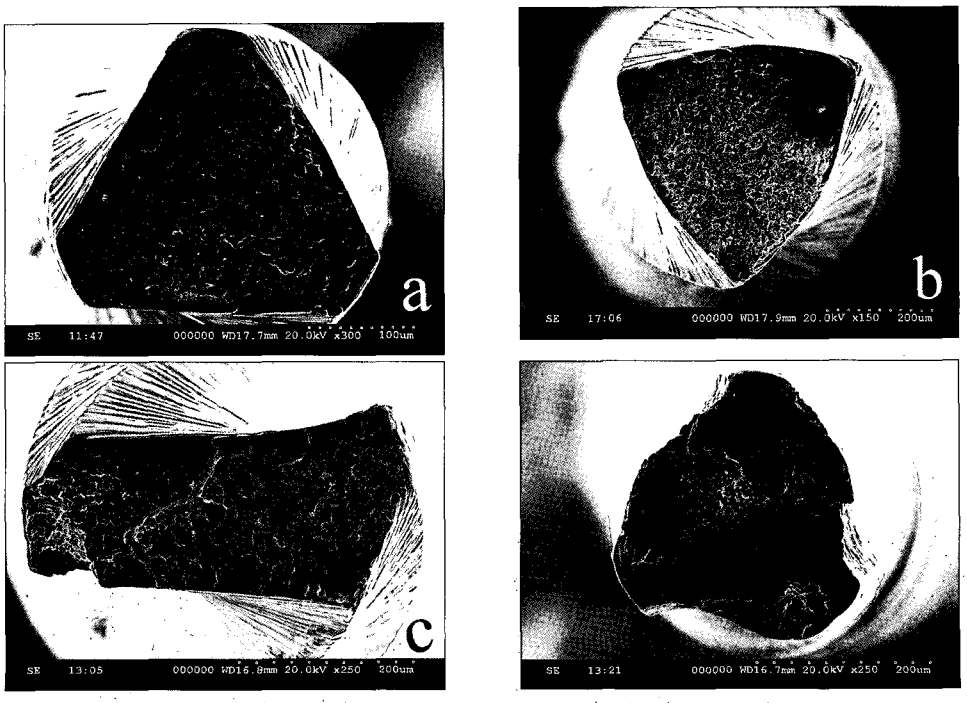

Figure 1. SEM photographs of representative fracture surface.
a: ProFile group b: ProTaper group
c: K3 flaring group d: K3 shaping group

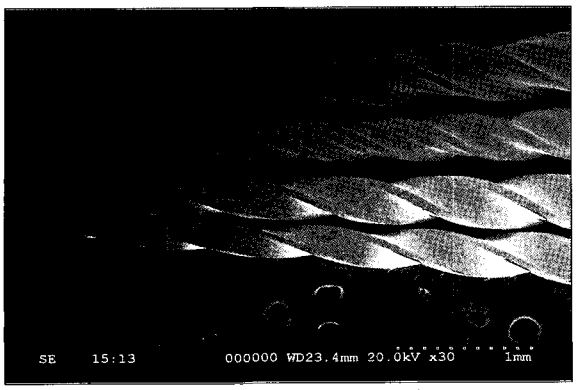

Figure 2. SEM photoghaph of representative cutting blade.
Files shown are (from top to bottom): K3 #20/.06, new K3 #20/.06, ProFile #20/.06 and new ProFile #20/.06. Unwinding of K3 file was seen to the point of fracture.

2.7 ± 1.0 ㎜, 3 군인 K3 군에서 1.4 ± 0.4 ㎜이었다. 각 실험군에서 NiTi file이 파절된 위치는 근관의 최대 만곡부와 일치하였다.

3. 전자현미경적 관찰

각 실험군에서 파절된 NiTi file의 단면을 관찰한 결과 대부분의 경우에서 연성파괴의 전형적인 양상인 평탄한 파절면과 얕은 딤플 (dimple)이 관찰되었다 (Figure 1). 파절되거나 변형된 file의 측면을 관찰한 결과 삭제날의 풀림없이 파절만 일어난 경우가 많았고, 삭제날의 풀림과 파절이 동시에 일어난 경우는 주로 K3군에서 관찰되었다 (Figure 2).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

회전식 NiTi file의 파절은 비틀림 파절 (torsional fracture)과 굽힘 파절 (flexural fracture) 두 가지 경우로 구분할 수 있다. 비틀림 파절은 shaft가 회전하고 있는 동안에 기구의 끝 또는 어느 부분이 근관 내에 끼어서 금속의 탄성한계 (elastic limit)를 넘게 되고 소성변형 (plastic deformation) 이후에 파절되는 것이며, 굽힘 파절은 금속의 피로 (fatigue)에 의해 굽힘 파절이 발생한다. 굽힘 파절은 기구가 근관 내에서 자유롭게 회전하고 있다는 점에서 비틀림 파절과 다르며, 기구가 회전하는 동안 근관의 만곡부위에서 기구의 굴곡이 반복되게 되고, 기구의 최고 굴곡점에 이르러 파절되는 것으로[11], 임상에서 사용되는 회전식 NiTi file이 파절되는 주된 요인으로 생각되고 있다[14].

금속은 피로에 의해 영구적인 변형 없이도 기구의 탄성한계보다 낮은 힘에 의해 파절되거나 분리될 수 있으며 이런 메커니즘을 slip bands라고 하며 이런 피로 메커니즘은 육안으로는 보이지 않으며 현미경상에서 관찰할 수 있다[14]. 마찬가지로 근관치료용 회전식 NiTi file에서도 기구의 사용시간이 누적되면 즉, 일정 횟수 이상의 기구의 회전 후에는 기구의 표면에서부터 현미경상의 균열이 발생된다. 이것은 여러 개의 미세균열이 더해져서 나타나는 것으로, 이런 미세균열은 기구의 장축의 직각방향으로 주행하다 표면에서 균열선으로 나타나게 된다. 이런 피로 균열은 일단 시작되면 남아 있는 부분이 더 이상 힘을 견디지 못하고 파절될 때까지 기구가 회전하는 동안 점점 전파된다[15]. NiTi 합금에서 피로 균열의 성장속도는 유사한 강도를 가지는 다른 금속보다 굉장히 높아서 임상에서 사용하다보면 NiTi file이 육안으로 확인되는 소성변형이 거의 없거나 전혀 없이 파절이 발생할 수 있다[14,15].

NiTi file의 반복피로 (cyclic fatigue)는 반복되는 인장-압축응력 (tensile-compressive stress)에 의해 발생하는데, 기구가 회전함에 따라 근관의 만곡부위에서 인장-압축응력을 함께 받게 된다. 만곡된 근관에서 기구는 변형되고, 기구 내에 응력이 발생된다. 이 때 기구의 절반은 만곡의 외측부위에 위치해 인장되게 되고, 절반은 만곡의 내측부위에 위치해 압축된다. 만곡된 근관에서 한번 회전할 때 마다 인장-압축응력의 주기가 이루어지게 되고 이것이 반복하중 (cyclic loading)의 가장 파괴적인 형태이다[14].

Gary[15]는 이런 파절은 파절면의 양측에서 소성변형이 거의 나타나지 않으며, 기구의 선단에서 약 3-4 ㎜ 부위에서 주로 나타난다고 하였고, Mandel 등[9]과 Pruett 등[14] 은 기구의 끝부분이 아니라 기구의 굽힘이 가장 많은 부분 즉, 근관의 만곡부의 중간부분에 해당되는 부위에서 파절이 발생한다고 보고 한 바 있다. 본 실험에서도 대부분의 파절편 양측에서 소성변형이 나타나지 않았고, 파절이 발생한 부위는 Profile 군에서 2.0 ㎜, ProTaper 군에서 2.7 ㎜, K3 군에서 1.4 ㎜로 Gary[15]가 보고한 3-4 ㎜ 보다는 약간 짧은 부위에서 나타났으며, 모든 경우에서 근관의 만곡부의 중간부분에 해당되는 부위에서 파절이 발생하였다.

Serene 등[6]은 이론적으로 NiTi file을 125℃ 이상으로 가열하면 어떤 변형도 제거할 수 있고, martensite 상태에서 austenite 상태로 변환되므로 건열멸균기나 자동멸균기를 통한 소독 후에 NiTi file을 더 오래 사용할 수 있다고 보고한 바 있으나, Mize 등[16]은 멸균은 NiTi 기구의 임상적 수명을 늘리거나 반복피로의 특성을 변화시키지 않는다고 하였고, Yared 등[17]은 10회 정도의 소독은 기구의 수명에 영향을 주지 않는다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 멸균과정이 file의 수명에 크게 영향을 주지 않을 거라 생각하여 실험과정에서 멸균과정을 생략하였다.

본 실험의 장점 중 하나는 실제 치아에서 실험을 하였다는 점이다. 기존의 실험은 레진모형근관이나[9] 금속제의 모형근관에서 시행되었고[12-14,17,19,20], 만곡 근관이 아닌 직선 형태의 근관에서 이루어진 실험도 있었다. Peters와 Barbakow[18]는 실제치아에서보다 레진모형근관에서의 근관성형시 비틀림 모멘트가 더 크며, 이것은 근관형성시의 접촉면적과 근관표면의 특성차이에 의한 것이라고 하였고, 실험실 연구나 보수교육과정에서 삭제 날의 변형이나 파절이 많이 발생하는 이유가 될 수 있다고 하였다. 따라서 실제치아에서의 본 실험이 조건을 표준화 할 수 없다는 단점도 있지만, 임상에서의 상황에 좀 더 근사한 조건이라는 장점이 있다고 생각할 수 있다.

이번 실험의 또 다른 장점 중 하나는 발거된 치아에서 실제로 근관을 형성하였기 때문에 근관을 형성하는 동안 이루어지는 NiTi file의 axial movement를 실험에 포함하였다는 점이다. 금속제 모형근관에서 기구의 파절을 연구한 기존의 실험에서는 모형근관에 근관을 위치시킨 다음 일정한 깊이에서 file을 회전시키기 때문에 최대 만곡부에 해당되는 file의 한 부분에 스트레스가 집중되어 파절이나 변형이 실제 상황보다 더 빨리 나타나게 되며, 실제임상에서 근관형성 시 file이 근관의 한 지점에 머무르는 것은 금기사항 중 하나이기도 하다. 또한 다양한 길이와 형태를 가진 치아를 대상으로 하였기 때문에 근관장과 형태가 일정한 모형근관에서의 실험보다 file의 특정부위에 스트레스가 집중되지 않았다는 장점이 있다고 할 수 있다.

본 실험에서 기존의 실험과 같이 하나의 NiTi file로 몇 개의 근관을 형성할 수 있느냐의 접근방법이 아니라, 일정 수의 근관을 형성하는 동안 몇 개의 file이 파절 및 변형이 발생하였느냐의 접근방법을 택하였다. 이것은 실험에 3 종류의 회전식 NiTi file 시스템을 사용했고, 각 시스템마다 5-7가지의 file을 사용하기 때문에 각 시스템의 개별 file마다 일정 수 이상으로 파절 및 변형이 발생하려면 엄청난 수의 치아가 필요하기 때문이었다. 따라서 통계처리에 어려움이 있었던 것도 사실이다. 반면, 실제임상에서 한 번호의 file로 근관을 형성하지 않는 것처럼, 한 번호의 file을 사용한 기존의 실험들은 그 결과에 의문점이 남으며, 제조회사에서 권장하는 근관형성법에 따라 각 시스템마다 5-7가지 file을 이용한 본 실험이 임상과 좀 더 유사한 환경을 재현했다고 할 수 있을 것이다.

Sattapan 등[11]은 NiTi file의 파절에 대한 연구에서 비틀림에 의한 파절이 굴곡에 의한 굽힘 파절보다 많이 발생하였고, 대부분의 파절은 비틀림에 대한 저항력이 낮은 가는 file에서 발생하였다고 보고하였고, 이런 가는 file은 근단부의 확대를 위해 사용하므로 tip부분에서 파절되기가 쉬우며, 굵은 file은 굵고 경사도 (taper)가 커서 파절되기 위해서는 높은 토크가 필요하므로 비틀림에 의해서는 파절되지 않으며, 가는 기구에 비해 굴곡파절에 의해 파절될 가능성이 높다고 하였다. 또한 예비실험의 결과와 비교해 비틀림에 의한 파절의 경우에는 주사전자현미경상에서 날의 풀림(unwinding)이나 꼬임 (twisting)과 같은 삭제날의 변형이 발생하므로 삭제날의 변형유무로 파절의 원인을 판단할 수 있다고 하였다. 그러나 Sattapan 등[11]의 실험에서는 Quantec만 사용했었고, 본 실험전의 예비실험에서는 비틀림에 의한 파절의 경우에도 삭제날의 변형이 거의 발생하지는 않았으며, 본 실험에서도 삭제날의 풀림없이 파절만 일어난 경우가 많았고, 삭제날의 풀림과 파절이 동시에 일어난 경우는 주로 K3군에서 관찰된 것으로 보아 삭제날의 변형 유무만으로 기구의 파절이 비틀림에 의한 것이라고 단정하기에는 무리가 있다고 사료되며, K3와 Quantec이 같은 제조회사에서 만들어지는 것을 생각해볼 때, NiTi 합금의 조성비나 제조공정상의 차이에 따른 file의 특성이 아닐까 추정되며 향후 이에 대한 연구가 있어야 되리라 생각된다.

한편, 만곡근관에서 반복되는 굴곡은 금속의 피로를 야기하게 되고, 결국 기구가 파절되게 된다[11]. NiTi file의 수명에 대한 연구에서 다양한 결과가 보고 되었는데, Peters와 Barbakow[18]는 모형근관과 발거한 치아를 대상으로 한 실험에서 .04taper의 ProFile로 10개의 근관은 안전하게 형성할 수 있다고 하였고, Gambarini[13]는 평균 26.7개의 근관을 형성할 수 있다고 하였으며, Yared 등[17]은 임상에서 10 개의 근관까지는 NiTi file을 안전하게 사용할 수 있다고 하였다. 또한 Gambarini[13]는 임상에서 9-10분정도 사용할 수 있다고 하였고, Zuolo와 Walton[8]은 NiTi file을 12분 동안 사용 후에 대부분의 기구가 더 이상 사용할 수 없게 되었다고 보고한 바 있는데, 일반적으로 근관 내에서의 조작시간이 10초 이내인 것을 고려하면 12분은 굉장히 긴 시간임을 알 수 있다. 또한 Sattapan 등[11]은 비틀림 파절이 굴힘 파절보다 더 자주 발생하므로 회전식 기구로 근관을 형성할 때는 기구를 치근단 쪽으로 무리한 힘을 가하지 않고 light touch를 하는 것을 추천하였고, Pruett 등[14]은 회전식 NiTi file의 파절을 방지하기 위해서는 SS file에 추천된 기간 까지만 사용하고 버리는 것이 가장 좋은 방법이며, 만곡의 반경이 작지만 각도는 큰 경우에는 한번만 사용하고 버리는 것이 안전한 방법일 수도 있다고 하였다.

본 실험결과 flaring file과 shaping file을 포함한 전체적인 각 군 간의 비교에서는 통계적으로 유의성 있는 사용횟수의 차이가 없었고, 용도와 형태에 따라 flaring file과 shaping file을 분리해 비교하면, flaring file 간의 비교에서는 3군인 K3의 flaring file의 사용횟수가 통계적으로 유의성 있게 적었는데, 이는 K3의 flare file의 단면이 K3 shaping file이나 다른 시스템의 file처럼 삭제날이 3개인 tripod의 형태가 아닌 삭제날이 2개인 bipod의 형태로 Quantec의 디자인과 유사한 것 때문인 것으로 추정되며,

shaping file 간의 비교에서는 3군인 K3, 2군인 ProTaper, 1군인 ProFile의 순으로 사용횟수가 많았지만 통계적 유의성은 없었다. 이 세 가지 NiTi file 시스템이 rake angle, radial land, variable taper 등 각기 다른 디자인을 가지고 있어 실험결과에 어느 정도는 영향을 미쳤으리라 추측되며, 추후 기구의 삭제날의 형태와 단면이 파절에 미치는 영향에 관해서 연구가 필요하리라 사료된다.

한편, 금속손상학 측면에서 볼 때 금속의 파괴는 파괴시의 소성 변형유무에 따라 크게 연성파괴와 취성파괴로 분류할 수 있으며, 이것은 균열의 발생과 전파로 만들어지는 파절면의 형태로 구별된다.

연성파괴는 균열이 전파될 때 파단면 상에 상당한 소성변형이 발생되는 파괴형태로써 파단면은 찢어지는 느낌의 형상으로 구성되어 일반적으로는 큰 단면 감소율을 갖는다. 간혹 눈으로 보기에 취성파괴와 같은 평평한 파단면도 연성파괴로 판정되는데, 여기에는 주사전자현미경으로 확인할 수 있는 딤플 (dimple)이 형성되어있어 이것이 미세한 소성 변형의 공동이 부품의 연성적인 파괴에 기여한 것을 확인할 수 있다. 파절면 상에 형성되는 소성변형 형태는 소재에 내재하는 산화물, 탄화물, 질화물 등과 같은 1 ㎛이하 크기의 개재물에 의해 유발되는 것으로 알려져 있다. 즉 입자는 기지만큼 쉽게 변형될 수 없기 때문에 입자주위에 심한 소성변형이 발생하면 기지와의 정합은 잃게 된다. 이로 인해 작은 공동이 생기고 이것이 슬립에 의해 성장한다. 이와 같은 미소공동의 발생, 성장 합체에 의해 연성파괴가 일어나기 때문에 파단면은 딤플이라는 독특한 형태의 요철부가 만들어져 구별이 용이한 것이다[21,22].

K3 file의 파절면 주사전자현미경사진에서 딤플이 거의 보이지 않으면서 파절면이 심하게 마모된 듯한 경우가 관찰되었는데 (Figure 1-c), Zinelis와 Margelos[23]는 이런 마모면과 파절면이 비평면적 (nonplanar)이기 때문에 연성파괴가 아닌 상대적 취성파괴에 의한 것이라 설명하고 균열이나 재료자체의 미세결함이 원인일 것이라고 하였다. 하지만 이것만으로는 취성파괴라 단정하기에는 무리가 있다고 생각된다. 또한 기구를 만든 재료나 제조공정 또한 기구의 파절에 상당한 영향을 미칠 수 있다고 생각되며 향후 여기에 대한 부가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

본 실험결과 종류에 따라 다소의 차이는 있지만 하나의 file로 20개 정도의 근관을 형성하는 것이 가능하였다. 이것은 일반적으로 제조회사에서 권장하는 하나의 file로 1-10개의 근관을 형성하는 것보다는 상당히 많은 수치로 NiTi file의 수명에 대한 새로운 사용지침을 만들기 위한 부가적인 연구가 있어야 되리라 사료된다.

V. 결 론

최근에 많이 사용되고 있는 회전식 NiTi file은 여러 가지 장점이 있지만 쉽게 파절되는 단점이 있으며 이에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 실제 치아의 근관에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 회전식 NiTi file인 Profile, ProTaper 및 K3를 이용해 근관을 형성하고, 이 때 발생하는 file의 파절 및 변형을 연구, 분석하고자 하였다.

발거된 상악 대구치의 근심협측 치근 (n = 150)과 하악 대구치의 근심치근 (n = 150)을 실험대상으로 하여 3종의 회전식 NiTi rotary file로 각각 100개씩 근관형성 하였다. 각 file은 파절되거나 변형이 생길 때까지 계속하여 사용하고 그 사용횟수를 기록한 다음, flaring file과 shaping file로 분류하여 비교하였고, 파절위치를 정면 및 인접면 방사선 사진으로 확인하였으며, 주사전자현미경으로 NiTi file의 파절면을 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 세 군간의 유의할만한 NiTi 사용횟수의 차이는 없었다.
2. Flaring file 간의 비교에서는 K3의 flaring file의 사용횟수가 통계적으로 유의성 있게 적었으며 ($p < 0.05$), shaping file 간의 비교에서는 유의할만한 차이가 없었다.
3. NiTi file의 파절은 근관의 최대 만곡부에서 발생하였다.
4. 주사전자현미경으로 파절면을 관찰한 결과 연성파괴의 전형적인 양상인 얕은 딤플이 관찰되었다.

전체적으로 회전식 NiTi file의 사용횟수는 제조회사의 사용지침보다는 길었으며, NiTi file의 수명에 대한 새로운 사용지침을 만들기 위한 부가적인 연구가 있어야 되리라 사료된다.

참고문헌

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 18:269-296, 1974.
2. Skidmore AE, Bjorndal AM. Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 32:778-784, 1971.
3. Weine F, Kelly R, Lio P. The effect of preparation procedures on the original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1:255-262, 1975.
4. Walia H, Brantely WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 14:346-351, 1988.
5. 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* 21:146-151, 1995.
6. Serene TP, Adams JD, Saxena A. Nickel-titanium instruments: applications in endodontics. St. Louis, Mosby. 67-78, 1995.

7. Barbakow F, Lutz F. The "Lightspeed" preparation technique evaluated by Swiss clinicians after attending continuing education courses. *Int Endod J* 30:46-50, 1997.
8. Zuolo ML, Walton RE. Instrument deterioration with usage: Nickel-Titanium versus stainless steel. *Quintessence Int* 28:397-402, 1995.
9. Mandel E, Adib-Yazdi M, Benhamou LM, Lachkar T, Mesgouez, Sobel M. Rotary Ni-Ti profile systems for preparing curved canals in resin blocks: influence of operator on instrument breakage. *Int Endod J* 32:436-443, 1999.
10. Ruddle C. Cleaning and shaping the root canal system. Pathways of the Pulp, 8th ed. St. Louis, Mosby, 231-292, 2002.
11. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JEA, Messer HH. Defect in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 26:161-165, 2000.
12. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instrument. *J Endod* 25:434-440. 1999.
13. Gambarini G. Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J* 34:386-389, 2001.
14. Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr. DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 23:77-85, 1997.
15. Gary C. Influence of material properties on the rotational speed of engine-driven nickel-titanium instrument. *Contemporary Endod* 28-30, 2002.
16. Mize SB, Clement DJ, Carnes DL, Pruett JP. Effect of sterilization on cyclic fatigue of Ni-Ti instruments. Abstracts of research. AAE 54th session. *J Endod* 23(OR9):251, 1997.
17. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after clinical use. *Int Endod J* 33:204-207, 2000.
18. Peters OA, Barbakow F. Dynamic torque and apical forced of ProFile .04 rotary instruments during preparation of curved canals. *Int Endod J* 35:379-389, 2002.
19. Booth JR, Sheetz JP, Lemons JE, Eleazer PD. A comparison of torque reqiured to fracture three different nickel-titanium rotary instruments around curves of the same angle but of different radius when bound at the tip. *J Endod* 29:55-57, 2003.
20. Gambarini G. Cyclic fatique of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high torque endodontic motors. *J Endod* 27:772-774, 2001.
21. 조종춘 외. 금속손상진단. 서울, 진영사 15-41, 2002.
22. 이동령. 금속강도학. 서울, 문운당 219-291, 1985.
23. Zinelis S, Margelos J. Aging of endodontic instruments and materials. Eliades G, Eliades T, Brantley W, Watt DC eds. Dental materials *in vivo*: aging and related phenomena. Carol Stream, Quintessence Publishing Co Inc, 180-186, 2003.

국문초록

대구치에서 회전식 NITI FILE의 수명과 파절양상

김진우* · 안병두 · 박세희 · 신혜진 · 조경모
강릉대학교 치과대학 치과보존학교실

회전식 NiTi file은 쉽게 파절되는 단점이 있으나 이에 대한 연구는 아직 부족하다. 본 연구에서는 회전식 NiTi file 을 이용해 실제 치아에서 근관을 형성하고, 이 때 발생하는 파절 및 변형을 연구, 분석하였다.

상악 대구치의 근심협측 치근 (n = 150)과 하악 대구치의 근심치근 (n = 150)을 실험대상으로 하여 Profile, ProTaper 및 K3로 각각 근관형성 하였다. 각 file은 파절되거나 변형이 생길 때까지 계속하여 사용한 다음 그 사용횟수를 기록하였다. 파절의 양상을 관찰하기 위해 방사선 및 주사현미경 사진을 촬영하였다.

1. 세 군간의 유의할만한 사용횟수의 차이는 없었다.
2. Flaring file 간의 비교에서는 K3의 사용횟수가 통계적으로 유의성 있게 적었으며 ($p < 0.05$), shaping file 간에는 유의할만한 차이가 없었다.
3. 회전식 NiTi file의 파절은 근관의 최대 만곡부에서 발생하였다.
4. 주사전자현미경으로 파절면을 관찰한 결과 연성파괴의 전형적인 양상인 얕은 딤플이 관찰되었다.

일반적으로 회전식 NiTi file의 평균 사용횟수는 제조회사의 사용지침보다는 길었으며, NiTi file의 수명에 대한 새로운 사용지침을 만들기 위한 부가적인 연구가 있어야 되리라 사료된다.

주요어: NiTi rotary file, 파절, 날풀림, 주사전자현미경