

Balanced Force와 Step-Back 근관성형후 치근단 폐쇄효과의 비교연구

전북대학교 치과대학 치과보존학교실
이윤희 · 김종화 · 손호현 · 이광원

Abstract

A COMPARISON OF APICAL SEAL FOLLOWING "STEP-DOWN/BALANCED FORCE" AND "STEP-DOWN/STEP-BACK" ROOT CANAL SHAPING

Yun-Hee Lee, Jong-Hwa Kim, Ho-Hyun Son, Kwang-Won Lee

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to compare the apical seal following root canal shaping by different methods. From forty extracted mandibular 1st and 2nd molars, forty mesial roots whose canals have some degree of curvature were selected. The mesiobuccal root portion including mesiobuccal portion of a crown was sectioned in each molar.

After access cavity preparation for the mesiobuccal canal, working length was determined with #10 K-file. The sectioned roots were implanted in acrylic resin block and randomly divided into four groups.

The canals of group I were shaped by step-down/balanced force, group II by step-down/step-back, group III by step-back and group IV by conventional method. All of the shaped canals were obturated by Thermafil method and access cavities were filled with IRM. The roots were removed from acrylic resin block and placed in 100% humidity for 7 days. Except the root surfaces of apical 2mm, the root surfaces were nail-varnished 3 times. After the roots were placed in 700 torr vacuum pressure for 15 minutes, they were immersed in 2% methylene blue solution for 4 days. Nail varnishes were removed with acetone.

After that, the roots were decalcified in 5% nitric acid and dehydrated with alcohol series. Transparent specimens were made by methyl salicylate and the quality of apical seal was assessed by measuring the leakage linearly.

The results were as follows.

1. The leakage in canals shaped by step-down/balanced force method was significantly less than that in canals shaped by step-back method ($P < 0.05$) and was less but not statistically than that in canals shaped by step-down/step-back method ($P > 0.05$).

2. The leakage in canals shaped by step-down/step-back method was less than that in canals shaped by step-back method, but there was no statistical significance ($P > 0.05$).
3. The leakage in canals shaped by conventional method was significantly more than that in canals shaped by step-down/balanced force, step-down/step-back and step-back method ($P < 0.05$).

I. 서 론

근관세척과 근관성형은 근관치료의 중요한 과정으로 인식되어져 왔으며¹⁻³⁾, 효과적인 근관충전을 위해 근관은 3차원적 측면에서 세척되고 성형되어야 한다. 이를 위해 근단부의 치수조직 잔사 제거가 선행되어야 하고, 근단공을 원래의 위치에 남겨야 하며, 근단공을 실용적으로 작게 보존하는 것과 근관을 점진적인 깔대기 모양으로 성형하는 것이 중요하다⁴⁾.

Schilder⁵⁾는 근관의 전체적인 형태와 방향을 변형시키지 않고 성형하는 것이 최종적인 근관성형의 목적인데, 이는 근관치료시 기구조작중 가장 소홀히 하기 쉬운 것중의 하나라고 보고하였다. 특히 근관이 좁고 만곡이 있는 경우에는 ledge형성과 삭제된 상아질 잔사에 의한 근단공의 폐쇄, 근단공의 위치변화, 치근천공, zip 형성등이 야기될 가능성이 크다^{1,2,4,5)}. 또한 근관형태의 복잡성은 올바른 기구조작을 어렵게 해서⁴⁻⁶⁾ 결과적으로 적절한 충전의 가능성을 줄인다. 성공적인 충전은 gutta-percha cone의 근단부에서의 적합성에 크게 영향을 받으므로 근관내 기구조작의 첫번째 목적중 하나는 근단부에서 정확한 근관성형을 하는 것이다⁷⁾.

이에 다양한 근관 성형술이 고안되어져 왔고⁸⁻¹¹⁾, 특히 만곡된 근관에서 ledge형성과 근단공 위치이동의 가능성을 줄이기 위한 노력이 계속되어져 왔다. 현재 가장 일반적으로 주장되어지는 근관내 기구조작방법은 step-back 술식으로, 이는 근단부 기구조작을 보다 유연하고 작은 직경이 file로 형성함으로써 근관의 위치변화 가능성을 줄이는 장점을 가지는 것으로 보고되고 있다^{2,4,10)}. Roane등¹¹⁾이 근관의 위치

변화를 줄이기 위해 개발한 balanced force concept 술식은 수정된 parabolic tip을 가진 Flex-R file의 회전동작을 달리하여 근관성형을 시행하며 근관위치변화를 감소시킨다고 보고되었고 Powel등¹²⁾은 수동기구 조작시 file의 첨부삭제날이 수정된 경우에 그렇지 않은 file의 사용에 비해서 근관 위치이동을 좀 더 방지할 수 있다고 보고하였다. Conningham과 Martin등¹³⁾, Goodman등¹⁴⁾은 근관의 세척과 성형에 초음파 기구를 도입했으며 초음파기구를 사용한 잔사제거가 매우 효과적이라고 보고하였고 Weine등¹⁵⁾은 만곡근관에서 전동식 기구로 근관성형한 결과 자주 불규칙한 성형-elbow, teardrop, zipping-이 나타남을 보고하였고, 기계적인 근관성형이 수동기구조작에 의한 근관성형보다 결과가 불량함을 보고하였다. 보다 최근에 Wildey와 Senia¹⁶⁾는 기존의 file과 많은 차이점을 가진 Canal Master를 고안하여 근관 위치 이동을 크게 감소시켰고 ledging, zipping, strip perforation을 최소화한다고 보고하였으며, stainless steel보다 유연성이 우수하고 소성변형(plastic deformation)이 없으면서 장시간 원형유지능력이 있는 nickel titanium alloy (NiTi)의 장점¹⁷⁾ 때문에 McSpadden¹⁸⁾은 최종 근관 성형시 전동식 NiTi file의 사용을 권장하였다.

이상과 같이, 근관치료시 여러가지 근관확대기구와 기구조작방법들이 계속적으로 도입, 개발되어지는 것은 근관 성형이 치근단의 근단폐쇄 정도에 직접적인 영향을 미침으로써 근관치료의 성패를 결정하는 중요한 요인이 되기 때문이다¹⁹⁻²²⁾. 이에 본 연구에서는, 근관 성형방법에 따른 치근단 변연 폐쇄정도를 비교하기 위하여 하악구치의 근심협축 근관을

다른 4가지 수동 기구조작법으로 성형한후 Thermafil을 이용하여 충전한 다음 염색액을 침투시켜 치근단에서의 색소 침투정도로 근단 변연 폐쇄정도를 비교하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치근단공이 완성된 발거된 하악 제1, 2대구치를 24시간동안 5% 차아염소산나트륨 용액에 보관하여 치근 표면의 조직간사를 제거한 후 흐르는 물에 헹구어 생리식염수에 보관하였다. 일반적인 방법으로 치수강 개방후 근심협측 근관이 #10 K-file에 의해 관통되고 근단공이 완성된 40개의 치아를 선택하여 실험하였다. 근관입구 상방 3mm에서 근심치근 장축에 수직되도록 횡절단하고 원심치근과 근심설측 근관을 제거한 후 생리식염수에 보관하였으며 근관 성형은 Gates-Glidden drill과 수동식 K-file을 사용하였다.

2. 실험방법

시편제작 :

근심협측 근관만을 포함하는 치질에 #10 K-file을 근관에 삽입시켜 file끝이 근단공에서 보일때의 길이보다 1mm 감소시켜 작업길이를 결정한 후 한번이 8mm인 정육면체의 주형에 혼합한 acrylic resin(LANG Dent. MFG Co, Chicago, U. S. A)을 넣은후 치근을 매식하여 resin block을 제작하였다.

근관성형 :

40개의 시편을 10개씩 다음의 4개군으로 분류하여 각각 다른 방법으로 근관성형을 실시하였다. 모든 근관성형 술식에서 K-file을 사용하였고 #30 K-file을 MAF(master apical file)로 근단부를 성형하였다. 기구조작 과정 동안 3% 과산화수소와 5% 차아염소산나트륨 용액으로 근관을 세척하였으며 근관 성형 완료후에는 paper point로 건조시켰다.

• 제1군. Step-down/balanced force술식
작업길이를 #10 K-file을 사용하여 결정 후

근관의 중앙부 1/3을 #2 Gates-Glidden drill로 먼저 확장시켰고, 근관의 치관부 1/3를 다시 #3 Gates-Glidden drill로 확장시켰다. #10 K-file에서 #30 K-file까지 완전한 작업길이를 clockwise회전에 의한 기구삽입과 근단부쪽으로 압력을 가하면서 counter-clockwise회전에 의한 삭제를 반복적으로 시행하였다. #35 K-file부터는 기구크기 증가에 따라 작업길이를 1.0 mm씩 줄여가며 #60 K-file까지 같은 방법으로 근관성형을 실시하여 근관입구 확대부와 자연스럽게 이행되도록 하였다.

• 제2군. Step down/step-back 술식

Step-down/balanced force 술식과 동일한 방법으로 근관의 중앙부 1/3과 치관부 1/3를 근관성형하였다. 근침부 1/3의 근관성형은 근관의 작업장을 결정한 후 #10 K-file부터 #30 K-file까지 완전한 작업길이를 근관을 확대하였다. #35 K-file부터 근단부에 힘이 가해지지 않도록 작업길이를 1.0mm씩 줄여가며 #60 K-file까지 step-back 술식으로 근관성형을 실시하였다.

• 제3군. Step back 술식

작업길이 결정후 #10 K-file부터 #30 K-file까지 완전한 작업길이를 근관성형후 #35 K-file부터 #60 K-file까지 순차적으로 작업길이를 1mm씩 줄여가면서 근관성형을 실시하였다.

• 제4군. 전통적 술식

작업길이 결정후 #10 K-file부터 #30 K-file까지 완전한 작업길이를 근관성형을 실시하였다.

근관충전 :

시편을 충전전에 3일동안 생리식염수에 저장하고, 근관을 생리식염수로 세척후 paper point로 건조시켰다. MAF(#30 K-file)에 일치하는 Thermafil combination(carrier/gutta-percha)을 선택한 후, #30 K-file을 사용하여 작업길이만큼 근관충전용 sealer(Sealapex, Kerr)를 근관벽에 도포하고 obturator를 작업길이만큼 충전하였다. Plastic carrier의 치관쪽 여분을 제거한 후 근관외동은 IRM을 사용하여 충전하였다.

염색소 침투 :

근관충전용 sealer의 경화를 위해서 모든 시편을 100% 상대습도 환경에서 7일동안 보관 후 resin block을 제거하고 각 시편의 근단쪽 2mm를 제외한 모든 치면을 nail varnish로 3회 도포하여 첫번째 도포후 24시간, 두번째 도포후 4시간, 세번째 도포후 48시간 건조시켰다. 모든 시편을 700 torr 진공압 상태에서 15분동안 보관후, 2% methylene blue용액에 4일동안 침수시켰다가 꺼내어 생리식염수로 세척하고 생리식염수에 보관하였다.

투명표본 제작 :

Acetone으로 치아표면의 nail varnish를 제거하고 모든 시편을 상온에서 3일동안 5% 질산용액에 담귀 탈회시켰다. 질산용액은 3일동안 매일 갈아주었고 매일 3번 흔들어주었다. 탈회 완료후 흐르는 물에 4시간동안 세척한 후 ethyl alcohol 80% 용액에서 하룻밤, 90% 용액에서 1시간, 100% 용액에서 1시간동안 담귀 탈수시켰다. 탈수된 치아를 methyl salicylate에 넣어 투명표본을 제작하였고 투명성을 유지하기 위해 methyl salicylate용기에 보관하였다.

색소침투의 선상측정 :

각 시편들의 충전물과 치질사이로 침투한 염색액의 깊이를 캘리퍼스로서 측정하고 각 군에서의 측정치를 비교하였으며 실험성적은 ANOVA & Scheffé test로 통계처리 하였다.

III. 실험성적

각 시편들을 투명해진 치질을 통해 육안으로 관찰한 결과 모든 군에서 염색액이 치근단쪽에서 치관쪽으로 근관충전물과 성형된 근관벽을 따라 침투되어 있었다. 각 군의 염색액 침투 정도의 평가결과는 Table 1과 같으며 제1군(step-down/balanced force 기구조작으로 근관성형한 군)에서 염색액 침투가 가장 적게 나타났고 제4군(전통적 기구조작으로 근관성형한 군)에서 염색액 침투가 가장 크게 나타났다. Step-down/balanced force 기구조작으로 근관성형한 군(제1군)은 step-down/step-back 기구조작으로 근관성형한 군(제2군)에 비해 수치상으로 적은 염색액 침투를 나타냈으며 통계적으로 유의성이 있는 차이는 보이지 않았고, step-back 기구조작으로 근관성형한 군(제3군)과 전통적 기구조작으로 근관성형한 군(제4군)

Table 2. Statistical differences between experimental groups by mean dye penetration.

Group	I	II	III	IV
I				
II	NS			
III	*	NS		
IV	*	*	*	

* : statistically significant by ANOVA & Scheffé test(p<0.05)

NS : not significant

Table 1. Mean dye penetration Values for the linear measurement(mm)

Group	n	Mean	SD	Minimum	Maximum
I	10	1.16	0.26	0.70	1.50
II	10	1.28	0.37	0.74	1.86
III	10	1.52	0.16	1.42	1.72
IV	10	2.14	2.20	1.84	2.40

Group I : step-down/balanced force concept instrumentation

Group II : step-down/step-back instrumentation

Group III : step-back instrumentation

Group IV : conventional instrumentation

에 비해서는 유의성을 인정할 수 있는 적은 염색액 침투를 보였다($p < 0.05$). Step-down/step-back 기구조작으로 근관성형한 군(제2군)은 step-back 기구조작으로 근관성형한 군(제3군)에 비해 적은 염색액 침투를 나타냈으나 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 전통적 기구조작으로 근관성형한 군은 나머지 다른 3군과 각각 비교해 볼때 뚜렷하게 많은 염색액 침투로 모든 군과 통계적으로 유의성이 있는 차이를 보였다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고안

근관의 성형시 근침부에서 근관입구까지 고유의 모양과 방향을 변형시키지 않고 근관의 모든면에서 균일하게 확대된다면, 보다 이상적인 근관의 세척과 충전이 수행할 수 있어 성공적인 근관치료를 시행할 수 있다^{1,2)}. 근관내 기구조작의 기계적 목적이 근관이 직선이거나 미약한 만곡시에는 쉽게 달성되지만, 만곡이 클 경우에는 ledge 형성이나 zipping등이 발생하는 경향이 있어²³⁾ 적절한 충전의 가능성을 줄이므로 근관치료가 실패할 수 있다. 이런 난점의 해결을 위해 근관 치료와 관련된 기구의 고안과 크기, 근관내 기구조작방법등에 관한 연구가 계속 보고되고 있다. 고유의 근관을 변이시키는 경향을 file의 크기 증가에 따라 증가되며²³⁾ 근관성형방법에도 의존하므로^{7,24)}, 만곡근관의 성형시 file은 근관의 방향을 유지하기 위해 보다 유연하게 변형되어져 왔고²²⁾, 삭제날의 침부도 수정되어져 왔다^{24,25)}.

Weine등¹⁵⁾은 근단부의 근관성형 실패는 제한된 filing동작으로 감소되며 근관쪽으로 진행되는 최소한의 1/4 회전동작이 권장되어진다고 보고하였고, 삭제날 모양(flute design)이 최종의 근관형태에 영향을 주며 precurved기구나 기구 침부의 삭제날 제거가 근단의 zipping과 변형을 감소시킨다고 보고하였다. Johnson²⁶⁾은 step-back확대방법으로 근관을 형성해야한다고 보고하였고, Lim과 Webber²⁷⁾는 치관쪽 근관을 먼저 확장하는것을 주장하였는데, 이는 근단부 성형을 보다 효과적이게 하며 모래시계모양의

근관발생을 감소시킨다고 보고하였다. Roane등¹¹⁾은 만곡근관의 기구조작에 balanced force 개념을 도입 해서 기구침부의 삭제날을 제거한 Flex-R file을 고안하여 기구의 수정을 옹호하였고, 만곡근관에서의 회전방법 기구조작이 ledge형성과 근관전이를 방지한다고 보고했으며, Weine등¹⁵⁾은 만곡근관에서 rotary instrument에 의한 기계적인 성형이 수동식 기구조작에 의한 성형보다 결과가 불량함을 보고하였다. 이상과 같이, 근관성형은 사용되어지는 기구나 술식에 따라 다양한 결과가 나타나며, 충전 후의 근관폐쇄효과에도 직접적인 영향을 미침으로써, 근관치료의 성패를 좌우하게 된다. 이에 본 실험에서는, 만곡근관에서 수동조작방법에 따른 근관성형상태를 비교하기 위해 하악 제1, 2대구치의 근심협측 근관을 4군으로 나누어 step-down/balanced force, step-down/step-back, step-back, 전통적 술식을 같은 기구(K-type file)를 사용하여 시행한 후, Thermafil을 이용하여 충전하고 염색액을 침투시켜 근단폐쇄 정도를 평가하였다. 근관성형 결과는 같은 술식, 같은 기구에 의해서도 근관만곡도에 따라 결과가 달라지므로 본 실험에서는 다양한 만곡도를 보이는 하악 제1, 2대구치의 근심협측 근관을 사용하였다. 4가지 방법 모두에서 K-file을 사용한 이유는 수동기구조작법만에 의한 근관성형의 차이점을 비교하기 위함이었으며 Flex-R file사용시 침부에 삭제날이 없기때문에 각기 다른 기구조작법으로 근관성형시 근단부에서의 차이가 미약하여 결과의 비교가 어려울 것으로 추정되었고 H-file은 유연성이 적고 삭제효율이 크기때문에 각기 다른 수동기구 조작법의 잇점을 비교하기 어려울 정도로 모든 군의 근단부에서 과도한 삭제가 우려되었으므로 비교적 유연하고 침부에 삭제날이 있는 K-file을 사용하여 근관성형을 실시하였다.

본 실험에서 사용한 서로 다른 4가지 수동 기구조작법중, step-back 술식은 가장 널리 사용되어져 왔으며 다른 기구조작법보다 우수한 것으로 보고되어져왔고²⁶⁾ 근관내 기구조작법의 새로운 기술과 비교하는 기준으로 평가되어져 왔으나²⁸⁾, Georig등²⁹⁾은 근침부위의 근관성형을

하기전에 근관입구를 먼저 확대해주는 step-down술식이 근관확대기구의 근침부 도달과 근관세척이 용이하며 근침부에서 고유의 근관모양이 유지될 수 있음을 보고하였다. Step-down술식은 초기에 Marshall과 Pappin³⁰⁾이 주장했던 crown-down pressureless 술식으로, Morgan과 Montgomery³¹⁾는 10~35° 범위의 만곡근관에서 근관성형시 crown-down 술식이 step-back술식보다 우수하며 근관의 변위를 최소화한다고 보고하였다. 이는 치관부 확대가 먼저 될 경우 근관부의 변형 가능성이 줄어든다는 보고^{23, 30)}와 일치하며, 본 실험결과에서 step-down/step-back 술식과 step-back 술식간에 유의한 차이는 없으나 step-down/step-back 술식 사용시 색소침투정도가 보다 적게 나타남을 설명해준다. Roane등¹¹⁾과 다른 연구자들¹²⁾은 Flex-R file과 balanced force 술식 사용시 근단부에서 최소의 근관전이를 나타냄을 보고하였고, 45° 이상과 이하의 만곡을 가진 근관에서 balanced force술식은 step-back술식보다 근단전이 가 덜 발생하며, Flex-R file을 사용한 balanced force술식에서 K-type file을 사용한 step-back술식보다 만곡근관의 근단쪽 3mm에서 근관변형이 확실히 덜 나타남이 보고되기도 하였다³⁴⁾. 또한 Canal Master사용과 balanced force술식, step-back술식을 비교한 연구에서 Flex-R file을 사용한 balanced force술식과 Canal Master사용시는 K-file을 사용한 step-back술식보다 근관이 더 성공적으로 성형되며 #45 기구까지 근관성형된 치근의 중앙부에서 Canal Master 사용시 나머지 두가지 술식에서 보다 근관전이가 적고 상아질 삭제가 적으며 근관이 모든면에서 보다 균일하게 성형되었다고 보고하고 있다²⁴⁾.

위의 보고들은 본 실험에서 step-down/balanced force술식시 색소침투가 가장 적게 나타난 결과들과 일치하며 특히 K-file을 사용한 step-down/balanced force술식이 K-file을 사용한 step-back술식과 유의한 차이를 보이는 것은, Flex-R file 사용과 무관하게 step-down/balanced force술식 자체가 step-back술식보다 근단부 성형에 있어 충전에 유용한 결과를 보여준다고 추정된다. 또한 침부의 삭제날이 제거된

기구는 사용되는 술식에 관계없이 이상적인 기구조작에 보다 근접함을 보인다³²⁾는 보고에 근거해서 생각해 볼때 근관성형시 Flex-R file이 balanced force술식과 병행해서 사용되어진다면 본 실험의 K-file을 사용한 step-down/balanced force술식보다 더 양호한 결과가 기대되어진다. 본 실험에서 전통적 술식은 step-down/balanced force, step-back, step-down/step-back 3가지 술식과 모두 유의한 차이를 보이는 높은 색소침투를 보였는데 이는 만곡이 있는 근관의 성형시 전통적 술식이 부적절한 방법임을 보여주는 것으로 사료된다.

본 실험에서 사용한 Thermafil충전법은 Mann과 McWalter³⁵⁾와 Clark와 El Deeb³⁶⁾의 보고에서 측방가압 충전법과 Thermafil 충전법이 근단폐쇄효과면에서 유의한 차이가 없다고 보고한 반면, Lares와 El Deeb³⁷⁾은 만곡근관에서의 Thermafil 충전법의 근단폐쇄 효과가 측방가압 충전법에 비해 상대적으로 우수하다고 보고하였다. 또한 Thermafil은 25°이하의 만곡을 가진 근관에서는 유의한 차이가 없다고 보고되었으며³⁸⁾ Beatty등³⁹⁾은 Thermafil충전법이 측방가압 충전법이나 Ultrafil 충전법보다 우수한 근단폐쇄효과를 보인다고 보고하였다. 이상과 같이, 많은 보고에서 Thermafil이 일반적으로 널리 사용되어지는 측방가압 충전법보다 다소 우수한 근단폐쇄효과를 보고하고 있고, 측방가압법 충전이 Thermafil에 비해 술자에 따른 근단폐쇄정도의 차이가 클 것으로 사료되어 본 실험에서는 Thermafil충전법을 사용하였다. 충전후 근단폐쇄 정도를 평가하기 위해서 근단부 색소침투방법을 사용하였는데 Hovland와 Dumsha⁴⁰⁾는 충전후 1일, 7일, 30일후에 침수시켜 비교하였고 Pollard등⁴¹⁾은 충전후 1일, 7일후에 침수시켜 비교한 결과 색소침투량에 유의한 차이가 없다고 보고하고 있으나 본 실험에서는 충전후 7일 이상 보관하여 근관충전용 sealer의 완전한 경화를 도모하였다. 최근 발표에서 근관내에 공기가 내재된 경우 색소침투깊이에 영향을 주므로 진공처리를 해야한다고 보고했으며^{42, 43)}, Evans와 Simon⁴⁴⁾, Limkangwalmongkol등⁴⁵⁾은 수동침수(passive

immersion)보다 원심분리방법으로 색소침투를 시키는 것이 공기내재나 모세관현상을 최소화할 수 있다고 보고하고 있어, 본 실험에서는 침수전에 700 torr 진공압 용기에서 15분동안 보관하여 색소침투가 잘 될수 있도록 도모하였다.

이상의 본 실험을 통하여, 근관입구의 확대의 중요성과 근관 성형술식에 따른 다양한 결과를 인지하였으며, 특히 만곡 근관에서 임상적 적용이 용이한 근관성형기구와 술식의 지속적인 연구와 개발이 요구되며, 또한 근관 성형의 한계를 보상할 수 있는 근단폐쇄효과가 보다 우수한 근관충전법의 개발이 있어야 한다고 사료된다.

V. 결 론

수종의 근관성형방법이 근관충전 후 근단 폐쇄효과에 미치는 영향을 비교하기 위하여 받거된 하악 제1, 2대구치를 치수개방 후 근심협축 근관이 #10 K-file에 의해 관통되고 근단공이 완성된 치아 40개를 선택하여 원심 치근과 근심설축 근관부위를 제거하였다. 근심협축근관을 포함하는 치질을 acrylic resin block에 매식한 후 10개씩 4군으로 나누어 step-down/balanced force, step-down/step-back, step-back, 전통적 수동기구조작법으로 K-file을 사용하여 근관성형을 실시하였다. Thermafil을 이용하여 충전한 후 5% 질산용액과 methyl salicylate로 처리하여 투명표본을 제작하였고 염색소의 선상 침투 정도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Step-down/balanced force술식으로 근관성형한 군이 step-back 술식으로 근관성형한 군에 비해 통계적으로 유의하게 적은 색소 침투를 보였고($p < 0.05$), step-down/step-back술식으로 근관성형한 군에 비해서도 적은 색소침투를 보였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다($p > 0.05$).
2. Step-down/step-back 술식으로 근관성형한 군은 step-back술식으로 근관성형한 군에 비해 적은 색소침투를 보였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다($p > 0.05$).
3. 전통적 수동기구조작법으로 근관성형한 군은 step-down/balanced force, step-down/step-back, step-back으로 근관성형한 군에 비해 통계적으로 유의하게 많은 색소침투를 보였다($p < 0.05$).

참고문헌

1. Schilder H. : Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 18 : 269, 1974.
2. Weine F. S. : Endodontic therapy. 4th ed., St. Louis, C. V. Mosby, p.302-332, 1989.
3. Cohen S. and Burns R. C. : Pathways of the pulp. 6th ed., St. Louis, C. V. Mosby, p.179-218, 1994.
4. Mullaney T. P. : Instrumentation of finely curved canals. Dent Clin North Am 23 : 575, 1979.
5. Oswald R. J. : Procedural accidents and their repair. Dent Clin North Am 23 : 593, 1979.
6. Schneider S. W. : A comparison of canal preparation in straight and curved root canals. Oral Surg 32 : 271, 1971.
7. Vessey R. A. : The effect of filing versus reaming of the shape of the prepared root canal. Oral Surg 27 : 543, 1969.
8. Abou-Rass M., Frank A. L. and Glick D. H. : The anticurvature method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc 101 : 792, 1980.
9. Coffae K. P. and Brilliant J. D. : The effect of serial preparation versus non serial preparation on tissue removal in the root canals of extracted mandibular human molars. J Endod 1 : 211, 1975.
10. Ingle J. I. and bakland L. K. : Endodontics. 4th ed., Malvern, Williams & Wilkins, p. 198-205, 1994.
11. Roane J. B., Sabala C. L. and Dunanson M. G. : The "balanced force" concept for

- instrumentation of curved canals. *J Endod* 11 : 203, 1985.
2. Powell S. E., Simon J. H. and Maxe B. B. : A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. *J Endod* 12 : 293, 1986.
 13. Cunningham W. T. and Martin H. A. : Scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endo-sonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg* 53 : 527, 1982.
 14. Goodman A., Reader A., Beck M., Melfi R. and Meyers W. : An in vitro comparison of the efficacy of step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 11 : 249, 1985.
 15. Weine F. S., Kelly R. F. and Bray K. E. : The effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endod* 2 : 298, 1976.
 16. Wildey W. L. and Senia E. S. : A new root canal instrument and instrumentation technique : a preliminary report. *Oral Surg* 67 : 198, 1989.
 17. Walia H., Brantley W. A. and Gerstein H. : An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 14 : 346, 1988.
 18. McSpadden J. : NiTi power file preparation. In Ingle J. I. and Bakland L. K. eds. *Endodontics*. 4th ed., Malvern, Williams & Wilkins, p.211, 1994.
 19. Allison C. A., Weber C. R. and Walton R. E. : The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal seal. *J Endod* 5 : 298, 1979.
 20. Lifshitz J., Schilder and Dameijer C. H. : Scanning electron microscope study of the warm gutta percha technique. *J Endod* 9 : 17, 1983.
 21. Schilder H. : Filling the root canal in three dimensions, *Dent Clin North Am* 11 : 723, 1967.
 22. Weine F. S., Kelly R. F. and Lio P. F. : The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1 : 255, 1975.
 23. Roth W. C., Gough R. W., Grandich R. A. and Walker W. A. : A study of the strength of endodontic files : potential for torsional breakage and relative flexibility. *J Endod* 9 : 228, 1983.
 24. Leseberg D. A. and Montgomery S. : The effects of Canal Master, Flex-R and K-Flex instrumentation on root canal configuration. *J Endod* 17 : 59, 1991.
 25. Sabala C. L., Roane J. B. and Southard L. Z. : Instrumentation of curved canals using a modified tipped instrument : a comparison study. *J Endod* 14 : 59, 1988.
 26. Johnson W. T. : Instrumentation of the fine curved canals found in the mesial roots of maxillary and mandibular molars. *Quint Intern* 5 : 309, 1986.
 27. Lim K. C. and Webber J. : The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal. *Int Endod J* 18 : 233, 1985.
 28. Hill R. L. and del Rio C. E. : A histological comparison of the canal wall planing ability of two new endodontic files. *J Endod* 9 : 517, 1983.
 29. Goerig A. C., Michelich R. J. and Schultz H. H. : Instrumentation of root canals in molars using step-down technique. *J Endod* 8 : 550, 1982.
 30. Marshall F. J. and Pappin J. : A crown-down pressureless-preparation root canal enlargement technique. *Technique Manual*, Portland, Oregon, Oregon Health Sciences University 1980.
 31. Morgan L. A. and Montgomery S. : An

- evaluation of the crown-down pressureless technique. *J Endod* 1 : 256, 1975.
32. Powell S. E., Wong P. D. and Simon J. H. S. : A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. Part 2. *J Endod* 14 : 224, 1988.
 33. Southard D. W., Oswald R. J. and Natkin E. : Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endod* 13 : 479, 1987.
 34. Septic A. O., Pantera E. A., Neaverth E. J. and Anderson R. W. : A comparison of Flex-R files and K-type files for enlargement of severely curved molar root canals. *J Endod* 15 : 240, 1989.
 35. Mann S. R. and McWalter G. M. : Evaluation of apical seal and placement control in straight and curved canals obturated by laterally condensed and thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 13 : 10, 1987.
 36. Clark D. S. and El Deeb M. E. : Sealing ability of metal versus plastic carrier Thermafil obturators. *J Endod* 17 : 192 (Abstract No. 18), 1991.
 37. Lares C. and El Deeb M. E. : The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *J Endod* 16 : 474, 1990.
 38. Leung S. R. and Gulabivala K. : An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int Endod J* 27 : 190, 1994.
 39. Beatty R. G., Baker P. S., Haddix J. and Hart F. : The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *J Am Dent Assoc* 119 : 633, 1989.
 40. Hovland E. J. and Dumsha T. C. : Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. *Int Endod J* 18 : 179, 1985.
 41. Pollard B. K., Weller R. N. and Kulild J. C. : A standardized technique for linear dye leakage studies : immediate versus delayed immersion times. *Int Endod J* 23 : 250, 1990.
 42. Goldman M., Simmonds S. and Rush R. : The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg* 67 : 327, 1989.
 43. Spangberg L. S. W., Acierno T. G. and Yongbum C. B. : Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod* 15 : 548, 1989.
 44. Evans J. T. and Simon J. H. : Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the smear layer and root canal sealer. *J Endod* 12 : 101, 1988.
 45. Limkangwalmongkol S., Burtscher P., Abbott P. V., Sandler A. B. and Bishop B. M. : A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endod* 27 : 495, 1991.