차아염소산나트륨 용액과 고압증기멸균이 근관치료용 니켈-타이타늄 파일의 주기적 피로 파절에 미치는 영향

연세대학교 대학원
치의학과
조 혜 영

차아염소산나트륨 용액과 고압증기멸균이 근관치료용 니켈-타이타늄 파일의 주기적 피로 파절에 미치는 영향

지도 김 의 성 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2005년 12월 일

연세대학교 대학원

치의학과

조 혜 영

조혜영의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2005년 12월 일

감사의 글

이번 논문을 준비하며 다시 느끼는 것이지만, 항상 주는 것 보다 많은 것을 받으며 살고 있는 것 같아 부끄럽습니다. 3년간의 보존과 수련과 석사과정을 무사히 마칠 수 있게 도움을 주신 분들께 감사의 인사를 드리고자 합니다.

먼저 실험과 논문에 대한 아낌없는 지도뿐 아니라 보존과 수련 생활 내내 많은 가르침을 주신 김의성 교수님께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 항상 말씀보다 행동으로 더 많은 깨달음을 주시는 정일영 교수님께도 존경과 감사의 마음을 전합니다. 논문에 대한 꼼꼼한 지적을 아끼지 않으신 치과생체재료공학교실의 김광만 교수님께도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 지난 3년 동안 부족한 제자에 훌륭한 가르침을 베풀어 주신 보존학교실의 이찬영 교수님, 이승종 교수님, 노병덕 교수님, 박성호 교수님, 금기연 교수님께도 이 지면을 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

3년 동안 함께 수련 생활을 하며 동고동락을 함께 한 보존과 의국 동기들과, 의국 선후배들, 힘들 때마다 옆에서 격려와 응원을 아끼지 않은 소중한 친구 정완에게 진심으로 고마움을 표시합니다.

저 보다 더 논문에 걱정과 관심을 가지고, 힘이 되어준 사랑하는 남편에게 깊은 감사를 드립니다. 늘 인자하게 아껴주시는 시아버님께도 감사의 말씀을 드립니다. 사랑하는 남동생 용석, 원제에게도 고마움의 마음을 표시합니다. 마지막으로 부족함 많은 딸이지만 항상 믿어주시고 격려해주시는 부모님께 사랑과, 존경과 함께 이 논문을 드리고 싶습니다.

2005년 12월

저자 씀.

차 례

그림 차례 ii

표 차례 iii

국문 요약 iv

Ⅰ. 서론 1

Ⅱ. 재료 및 방법 5

1. 재료 및 기구 5

2. 실험군 설정 및 실험 방법 7

3. 통계 처리 8

Ⅲ. 결과 9

1. 주기적 피로 파절에 소요된 시간 9

2. 주사 전자 현미경에서의 표면 관찰 11

Ⅳ. 총괄 및 고찰 17

Ⅴ. 결론 25

참고 문헌 26

영문 요약 30

그림 차례

FIG 1. A photograph and a schematic diagram of the machine for cyclic fatigue test.....6

FIG 2. Sloped metal block with a guiding path of 2 mm width.....7

FIG 3. Cyclic fatigue fracture time of Hero 642®(sec).....10

FIG 4. Cyclic fatigue fracture time of K3®(sec).....10

FIG 5. SEM view of files of the control groups.....11

FIG 6. SEM view of files of the N15 groups.....12

FIG 7. SEM view of files of the N30 groups.....13

FIG 8. SEM view of files of the H5 groups.....14

FIG 9. SEM view of files of the H10 groups.....15

FIG 10. SEM view of files of the H5N15 groups.....15

FIG 11. SEM view of files of the H10N30 groups.....16

FIG 12. Files in NaOCl solution.....19

FIG 13. Surface of files after 15 minutes of NaOCl treatment.....19

FIG 14. Qualitative analysis of Hero 642®.....21

FIG 15. Qualitative analysis of K3®.....21

표 차례

Table 1. Pretreatment of each groups before cyclic fatigue test.....8

Table 2. Quantitative analysis of Hero642®.....22

Table 3. Quantitative analysis of K3® 22

국문 요약

본 연구에서는 차아염소산나트륨 용액 및 고압증기멸균이 근관 치료용 Ni-Ti 파일의 주기적 피로 파절에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

파일 첨단 크기가 #30이고 .06 taper를 가지는 Hero642®와 K3®파일 70개를 10개씩 7개의 군으로 나누었으며, 6% 차아염소산나트륨 용액에 15분(N15군), 30분(N30군), 고압증기멸균은 121 ℃의 온도, 0.12 MPa의 압력에서 20분간 시행하는 것을 일 회로 하여 5회(H5군), 10회(H10), 고압증기멸균 5회 후 차아염소산나트륨 용액 15분(H5N15), 고압증기멸균 10회 후 차아염소산나트륨 용액 30분(H10N30) 처리 후 주기적 피로 파절 실험을 수행하여 파일이 파절될 때까지의 시간을 초 단위로 측정하였다. 대조군은 전처리를 하지 않고 주기적 피로 파절을 시행하였다. 95%의 신뢰도로 one-way analysis of varience를 이용하여 통계 처리하였으며, 다중 비교는 Tukey 방법으로 분석하였다. 파일의 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

주기적 피로 파절에 소요된 시간은 Hero642®는 각 군별로 유의할 만한 차이가 없었으며, K3®는 N15, N30, H5N15군에서 대조군에 비해 짧은 시간이 소요된 것으로 나타났다($P<0.05$).

주사전자 현미경에서 관찰했을 때 Hero642®와 K3®모두 N15, N30 군에서 파일의 표면과 날이 부식이 되어 대조군에서 관찰된 일정방향으로 배열된 정형화된 예리한 빗살무늬가 부분적으로 파괴된 형태가 관찰되었으며, N15군에 비해 N30군에서 파일의 형태가 파괴된 양상이 뚜렷했으며, Hero642®보다 K3®가 심하게 부식된 양상이었다. H5군과 H10군에서는 K3®파일은 날 부분이 무디어진 양상을 보였고, Hero642®는 형태 파괴가 뚜렷하지 않았으나 H10군에서 표면의 빗살무늬가 약간 무디어진 양상을 보였다. H5N15군과 H10N30군에서는 그다지 뚜렷한 형태변화는 없었다.

본 연구 결과 K3®파일을 소독 시에는 차아염소산나트륨 용액보다 고압증기멸균을 사용하는 것이 보다 추천된다고 할 수 있으며, 차아염소산나트륨 용액 사용 시에는 가능한 한 적은 시간 노출 시키는 것이 파일의 부식으로 인한 형태의 손상을 방지할 수 있고, 주기적 피로 파절에 걸리는 시간도 감소시킬 수 있을 것이다.

핵심 되는 말 : Ni-Ti 파일, 주기적 피로 파절, 차아염소산나트륨 용액, 고압증기멸균

차아염소산나트륨 용액과 고압증기멸균이 근관치료용 니켈-타이타늄 파일의 주기적 피로 파절에 미치는 영향

< 지도 교수 **김의성** >

연세대학교 대학원 치의학과

조 혜 영

Ⅰ. 서론

현대의 근관치료학은 니켈-타이타늄(nickel-titanium)합금으로 만들어진 근관 치료용 파일(Ni-Ti 파일)의 도입으로 많은 발전을 이루었다(Walia 등, 1988). Ni-Ti 파일은 스테인리스 강 파일에 비해 두 배 내지 세 배 유연한 초탄성의 특징을 가짐으로써, 이전의 스테인리스 강 파일의 사용 시 문제되던 ledge, zip, transportation 등의 의원성 문제를 최소화하며, 전동

식(rotary motion)으로 사용되어 보다 쉽고 효율적으로 근관 형성이 가능해졌다(Glosson 등, 1995; Gambill 등; 1996, Thompson과 Dummer 1997). 그러나 초탄성의 특징에도 불구하고 Ni-Ti 파일은 근관 치료 중 근관 내에서 파절이 일어날 수 있는 위험성이 항상 존재한다. Ni-Ti 파일의 파절은 크게 비틀림(torsion)과 피로(fatigue)에 의해 일어난다(Serene 등, 1995). 그 중 주기적 피로 파절은 탄성 한계 내에서 신장력과 압축력이 반복적으로 적용되어 축적된 효과로 인해 기구가 파절되는 현상이다. Ni-Ti 파일의 피로 파절은 스테인리스 스틸 파일에서 육안으로 관찰되는 뒤틀림이나 구부러짐 등의 전구 증상 없이 파절이 일어난다(Pruett 등, 1997).

기구의 피로 파절의 첫 단계에서 파일에서 결함 개시(crack initiation)가 있게 되는데 이 결함 개시는 표면의 가장자리에서부터 시작되는 거의 형체가 없고 매끈한 것이 특징이다. 적절한 열처리를 통해서 이러한 Ni-Ti 파일의 파절 결함 개시를 되돌릴 수 있는 가능성이 있다고 알려져 있다(Dieter, 1986). Serene 등(1995)은 건열소독과 고압증기 소독에 처리한 후의 Ni-Ti 파일은 더 많은 회전수 후에 파절이 되었다고 보고하였으며. Silvaggio와 Hickes는 Ni-Ti 파일을 가열 멸균법으로 처리한 후 비틀림 특성을 측정한 결과, 가열 멸균법은 Ni-Ti파일을 약화시키지 않고 오히려 비틀림 강도(torsional strength)를 약간 증가하는 경향으로 나타났다

(Silvaggio와 Hickes, 1997).

차아염소산나트륨 용액(sodium hypochlorite solution)은 다양한 농도로 근관 세척제로 사용되게 된다. 근관 치료 시 치수강에 차아염소산나트륨 용액을 채우고 근관 성형을 하게 되며, 이 때 파일은 필수적으로 용액에 노출되게 된다. 또한 사용한 Ni-Ti 파일을 차아염소산나트륨 용액에 담가 두어 근관 성형 중에 파일의 홈에 묻은 유기물의 잔사를 제거하고, 파일의 표면을 소독할 수 있다. 이 방법은 환자 진료 중에 진료실에서 간편하게 사용할 수 있다는 장점이 있으나 파일이 용액에 노출되면 염소이온에 의한 금속의 부식이 일어나게 된다. Stokes 등(1999)은 스테인리스 강 파일과 Ni-Ti 파일을 차아염소산나트륨 용액에 담그고 전기화학적, 육안, 및 주사전자 현미경(scanning electron microscope, SEM)을 통해서 관찰한 연구에서 비록 육안으로는 관찰되지 않으나 전기화학적인 방법으로 측정되는 부식이 있다고 하였다. Haïkel 등(1998)은 Ni-Ti 파일을 2.5% 농도의 차아염소산 용액에 각각 12시간, 48시간 담근 후 비틀림 모멘트(torsional moment), 최대 굽힘 각(maximum angular deflection), 최대 굽힘 모멘트(maximum bending moment), 영구 각 모멘트(permanent angular moment)를 측정한 결과, 차아염소산나트륨 용액은 Ni-Ti 파일의 기계적 성질에 영향을 미치지 않는다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 차아염소산 나트륨 용액에 의한 소독과 고압증기 멸균을 통한 열처리가 Ni-Ti 파일의 주기적 피로에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 재료 및 기구

Ni-Ti 파일은 첨단의 크기는 #30이고 .06 기울기(taper)의 Hero 642® (Micro-Mega, Besançon, France)와 K3®(SybronEndo, Glendora, CA, USA)의 두 종류를 사용하였다.

6.0%의 차아염소산나트륨 용액(Duksan pure chemical, 안산, 대한민국)을 사용하였으며, 파일의 날 부위가 용액에 완전히 잠기도록 하였다. 실험을 위해 설정된 시간동안 위치시킨 후 흐르는 수돗물에 3분 이상 헹구고 10분 이상 초음파 세척 하였다.

고압증기멸균은 고압증기멸균기(Super clave S-330, Yoshida, Tokyo, Japan)로 121 ℃의 온도, 0.12 MPa의 압력에서 20분간 시행하는 것을 일회로 하였다.

주기적인 피로 파절 실험을 수행하기 위한 장치(Fig. 1)를 제작하였고, 이 장치는 파일의 분당 회전속도, 파일이 위아래로 움직이는 속도와 거리를 자동적으로 조절할 수 있게 고안되었으며, 본 연구에서는 파일의 회전속도는 분당 300회(rpm)로 하고, 파일이 위아래로 움직이는 거리(pecking distance)는 6 mm로 하였으며 속도는 1 mm/s로 하여 임상에서의 동적인

파일 사용 양상을 재현하고자 하였다.

파일이 닿는 부분에는 15도로 경사진 금속 토막(Fig. 2)을 위치시켰다. 파일이 6 mm 하방으로 내려왔을 때 슈나이더 방법(Schneider, 1971)으로 측정한 파일의 최대 만곡도는 51°였다. 경사진 금속토막 위에 파일 끝이 하나의 선상에 놓일 수 있게 하는 2 mm 반경의 guiding path를 가졌다.

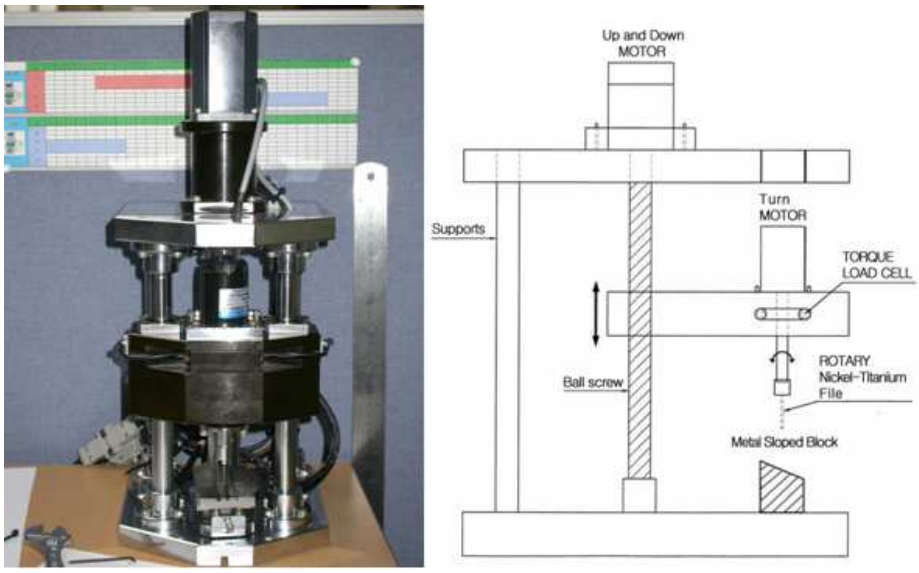

FIG 1. A photograph and a schematic diagram of the machine for cyclic fatigue test.

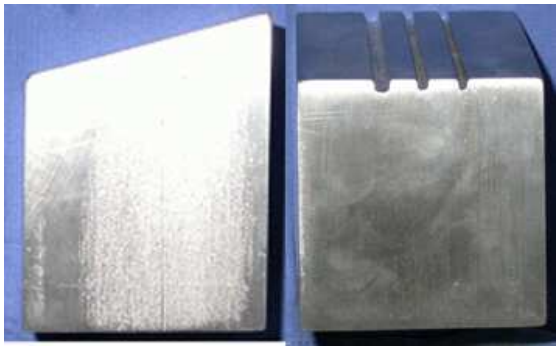

FIG 2. Sloped metal block with a guiding path of 2 mm width.

2. 실험군 설정 및 실험방법

각각 70개의 Hero642® 파일과 K3® 파일을 새것으로 준비하여 무작위로 7개의 군으로 나누었다. 각 군별로 10개의 파일을 사용하였으며, 각각의 실험군은 Hero642®, K3® 파일별로 Table 1과 같이 나누어 시행하였다.

실험군은 Table 1의 전처리 후 Fig. 1의 기계를 통해 주기적 피로 파절 시험을 시행하여 파일이 파절될 때까지의 소요 시간을 초시계를 이용하여 초단위로 측정하였다. 대조군은 전처리를 하지 않고 주기적 피로 파절을 시행하였다.

주기적 피로 파절을 시행한 후 10분간 초음파 세척 후에 파일의 표면을 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

Table 1. Pretreatment of each groups before cyclic fatigue test.

Group name	sterilization method
N 15	15 minutes in sodium hypochlorite solution
N 30	30 minutes in sodium hypochlorite solution
H 5	5 cycles in steam autoclave
H 10	10 cycles in steam autoclave
H 5 N 15	5 cycles in steam autoclave following 15 minutes in sodium hypochlorite solution
H 10 N 30	10 cycles in steam autoclave following 30 minutes in sodium hypochlorite solution

3. 통계 처리

주기적 피로 파절에 걸리는 시간을 초 단위로 측정하여 95%의 신뢰도로 one-way analysis of variance를 이용하여 분석하였으며, 다중 비교는 Tukey 방법을 이용하여 분석하였다.

Ⅲ.결과

1. 주기적 피로 파절에 소요된 시간

Hero642® 파일과 K3® 파일에서 각각의 전처리 후 주기적 피로 파절에 걸린 시간과 표준 편차를 각각 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

Hero 642®파일의 경우 95% 신뢰도에서 각 군별로 유의차가 없는 것으로 나타났고, K3® 파일의 경우 각 군별로 유의차가 있는 것으로 나타나서 ($P<0.05$) 두 파일 간에 결과의 차이를 보였다. K3® 파일은 Tukey 방법으로 다중 비교를 시행하였다.

K3®의 경우 대조군과 고압증기멸균 처리한 H5, H10 군과는 유의할 만한 차이를 보이지 않았으나, 차아염소산나트륨 용액 처리한 N15군, N30군과는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

또한 대조군은 H5N15군과 파절시간에 있어서 통계적으로 유의한 결과를 보였으나 H10N30군과는 유의한 차이를 보이지 않았다.

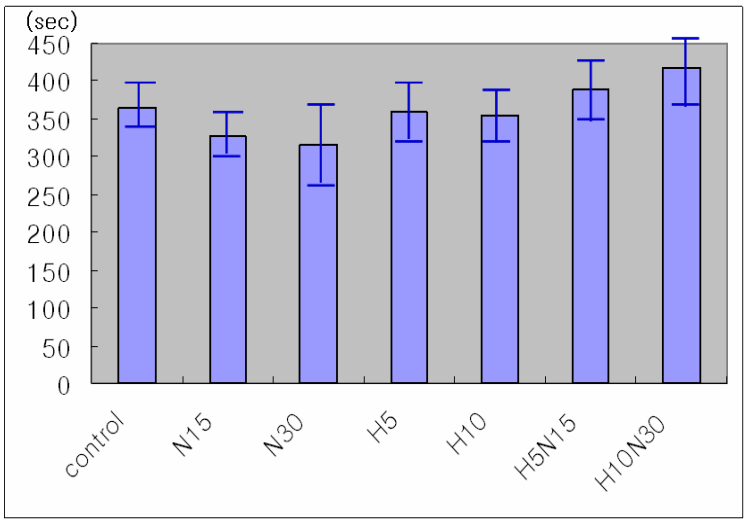

FIG 3. Cyclic fatigue fracture time of Hero 642®(sec).(Mean±SD).

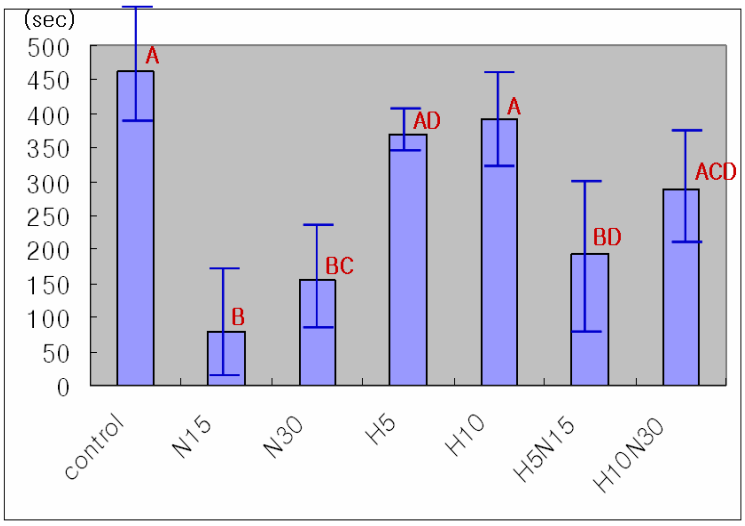

FIG 4. Cyclic fatigue fracture time of K3®(sec)(Mean±SD).

A,B,C,D means that the same letters are not significantly different.

2. 주사 전자 현미경에서의 표면 관찰

각 군에서 주기적 피로 파절 후의 파일의 표면을 주사전자현미경 상에서 관찰하였다. 대조군에서는 Hero642®와 K3® 모두 파일의 날 부분이 예리하였으며, flute의 표면에는 일정방향으로 배열된 정형화된 예리한 빗살무늬가 관찰되었다(Fig. 5).

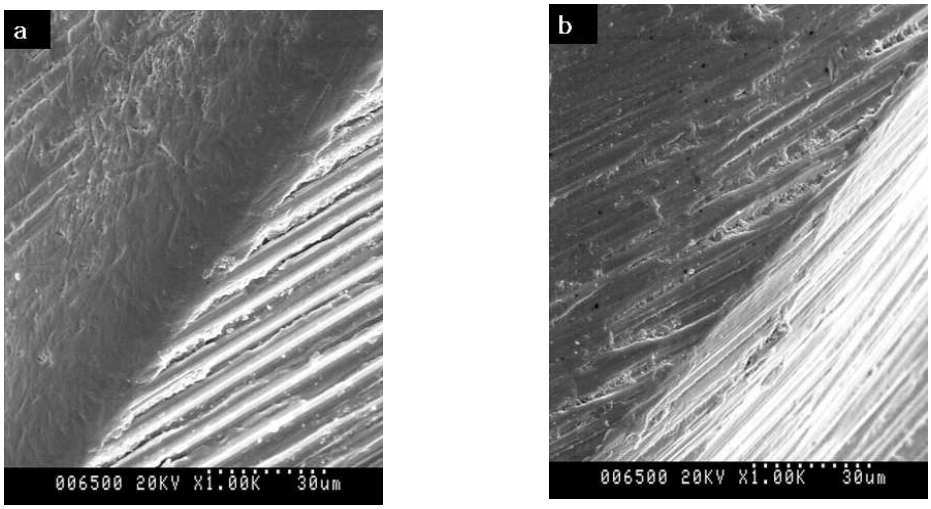

FIG 5. SEM view of files of the control groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

N15군에서는 Hero642®와 K3®모두 표면에서 부식양상이 관찰되었다(Fig. 6). Hero642®는 부식의 진행이 심하지는 않았으나 부분적으로 파일 표면에 빗살무늬의 형체가 무뎌지며 부식이 된 형태가 관찰되었다. K3®는

Hero642®보다 부식이 심하게 진행되어 표면에 무정형의 부식 산물이 부착된 것을 볼 수 있었다. 또, 파일의 날 또한 부식되어 대조군에서 관찰되었던 날카로운 형태가 무디어졌음을 알 수 있었다.

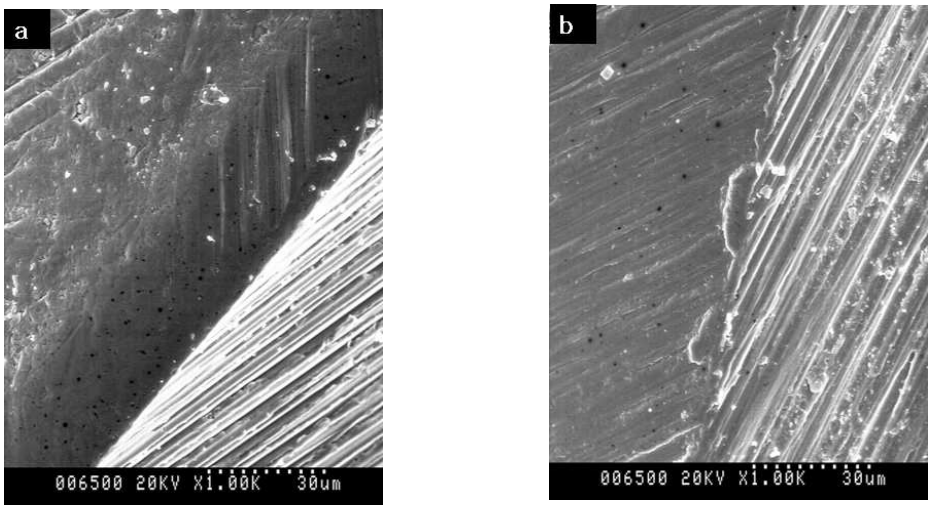

FIG 6. SEM view of files of the N15 groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

N30군에서는 Hero642®과 K3® 모두 N15군 보다 빗살무늬의 형태의 손상은 심해진 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 7). K3®는 N15군에서 보다 심하게 표면이 손상된 형태를 보였으며 날의 손상도 더욱 뚜렷하였다.

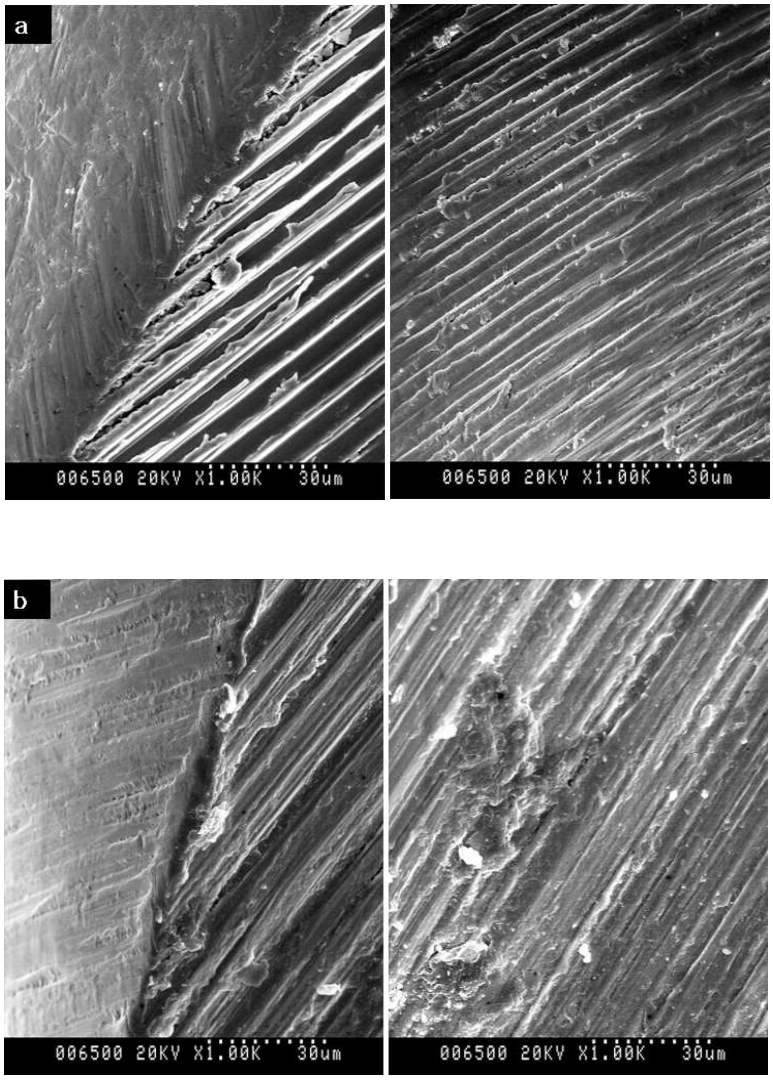

FIG 7. SEM view of files of the N30 groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

H5군에서 Hero642®의 경우에는 N15, N30군에서 보였던 파일 형태의 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으나 K3®는 파일의 날(blade) 부분이 무디어

진 부분이 관찰되었다(Fig. 8).

H10군에서 Hero642®는 특징적인 빗살무늬의 형체가 부분적으로 무디어진 형태가 나타났고, K3®는 H5와 구별되는 형태적인 특징은 발견되지 않았다(Fig. 9).

Hero642®과 K3®모두 H5N15군과 H10N30군의 두 군 사이에 구별되는 뚜렷한 특징은 나타나지 않았다(Fig. 10, 11). 두 파일 모두 부식으로 인해 파일이 손상된 양상이 부분적으로 발견되기는 하였으나 그다지 뚜렷하지 않았으며, 파일의 날이 무디어진 양상은 열처리로 인한 H5, H10 군과 큰 차이를 보이지 않았다.

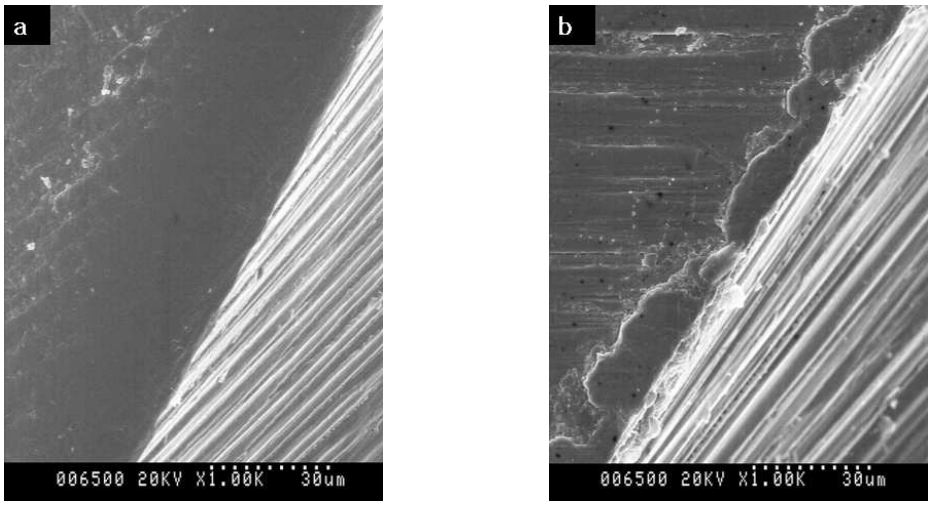

FIG 8. SEM view of files of the H5 groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

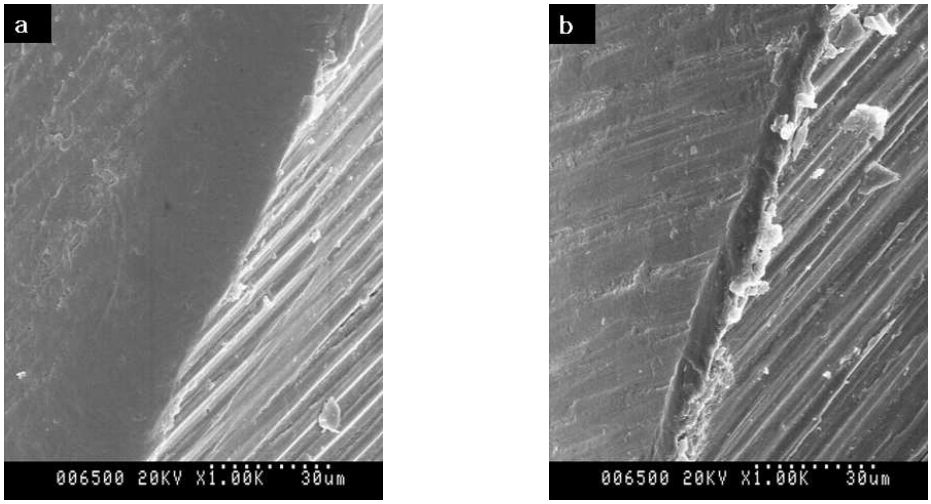

FIG 9. SEM view of files of the H10 groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

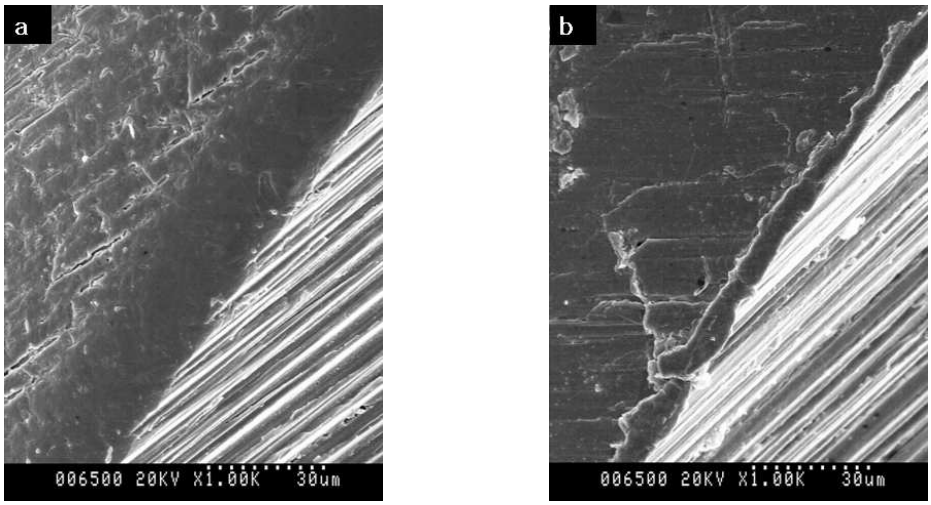

FIG 10. SEM view of files of the H5N15 groups. (a) Hero642®, (b) K3®.

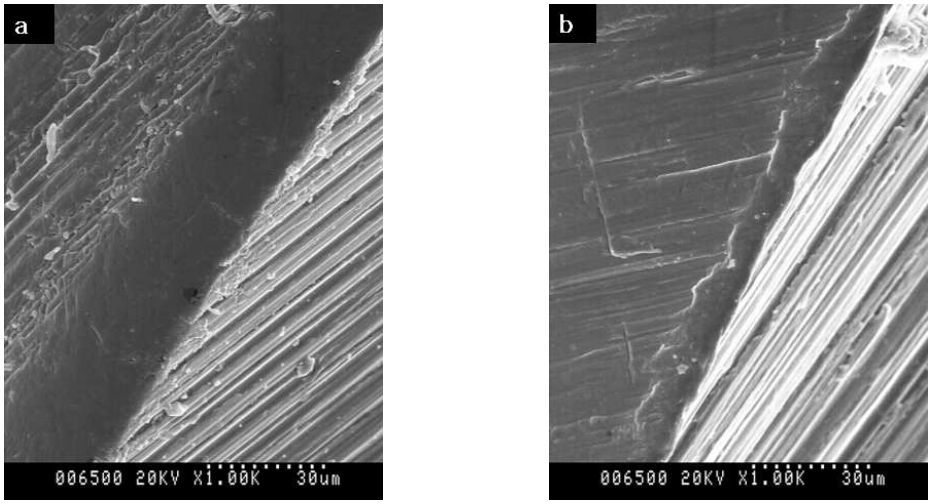

FIG 11. SEM view of files of the H10N30 groups.(a) Hero642®, (b) K3®.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

근관치료용 Ni-Ti 파일의 강도를 측정하기 위해 여러 가지 연구가 있었다. Pruett 등(1997)에 의해서 최초로 전동식 Ni-Ti 파일의 주기적 피로 파절에 대한 연구가 이루어 졌는데, 그 이전에는 The American Dental Association (ADA) specification No. 28에 의해 기구를 고정시켜 놓고 비틀림에 대한 저항, 강성 등을 연구하는 방법이 대부분이었다.

Pruett 등(1997)은 Ni-Ti 파일에서 주기적 피로 파절 실험을 처음으로 시행하면서 파일의 분당 회전속도, 파일의 만곡된 정도, 파일의 길이 등에 관한 연구를 하였다. 그 이후로 Haïkel 등(1999)이 파일의 크기, 기울기(taper), 만곡된 근관의 곡률 반경(radius of curvature)에 대해, Yared 등(1999, 2000)과 Fife 등(2004)이 임상적으로 사용된 파일에 대해, 그리고 Turpin 등(2000)이 파일 단면의 형태에 대해, Gambarini(2001a)가 토크와의 관계, Li 등(2002)이 파일 사용 시 위아래로 움직임(pecking motion)이 있는지 여부에 대해 연구 하는 등 전동식 Ni-Ti 파일의 주기적 피로 파절에 영향을 미치는 여러 가지 요인에 대해 여러 저자들에 의해 연구되어 왔다.

파일의 주기적 피로 파절 연구는 파일의 파절 강도를 직접 측정하지는

않지만, 파일의 주기적 피로 파절에 영향을 미치는 요소를 비교를 위한 실험이 될 수 있다.

본 연구에서 주기적 피로 파절에 소요되는 시간의 경우 대조군은 K3®가 Hero642®에 비해 시간이 더 많이 소요되는 것으로 나왔으나 차아염소산나트륨 용액 또는 고압증기멸균을 하거나 두 가지 처리 모두 한 군에서는 전체적으로 Hero642®가 K3®에 비해 더 긴 시간이 소요되었다. 또한 K3®에서는 Hero642®에 비해 더 넓은 범위의 표준편차를 보였다.

Hero642®파일은 모든 군에서 주기적 피로 파절에 유의할 만한 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 Yared 등(1999, 2000), Gambarini(2001b)가 Profile® (Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 이용한 실험 결과와 일치하며, 이러한 파일들이 차아염소산나트륨 용액이나 고압증기멸균에 의해 주기적 피로 파절이 영향을 받지 않는다는 것을 의미하는 것이다.

차아염소산나트륨 용액에 의한 소독이 Ni-Ti 파일의 주기적 피로 파절에 미치는 영향은 Hero642®과 K3®에서 차이가 있었다. Hero642®는 차아염소산나트륨 용액에서 육안으로 뚜렷이 관찰되는 변화는 없었으나, K3®는 거품이 발생하면서 검은색의 침전이 보이는 정도의 부식이 육안으로 관찰되었다(Fig. 12). 용액에서 꺼낸 후 표면을 육안으로 관찰해 보았을 때에도 Hero 642®는 쉽게 발견되는 결함은 없었으나, 몇몇의 K3®는 표면상에 커

다란 결함이 발견되었다(Fig. 13). 주사전자 현미경에서 관찰한 결과에서도 Hero642®보다 K3®에서 파일의 날의 형태를 구분하기 힘들 정도로 많이 손상되고 부식산물도 많은 것으로 관찰되었다(Fig. 6, 7).

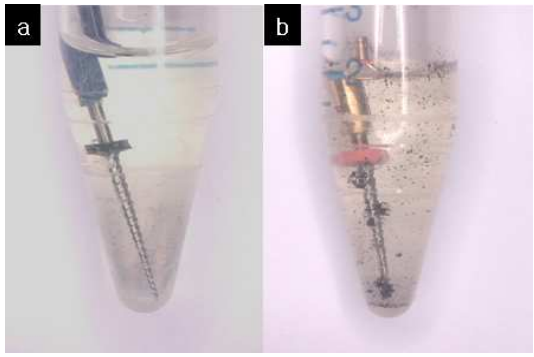

FIG 12. Files in NaOCl solution.(a) Hero642®, (b) K3®.

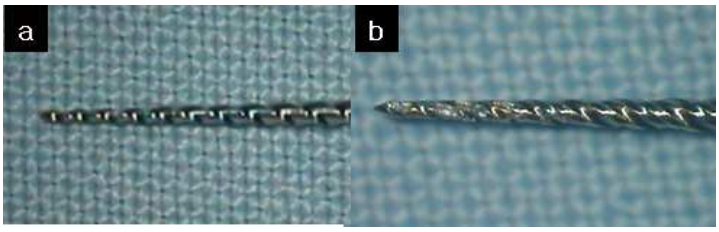

FIG 13. Surface of files after 15 minutes of NaOCl treatment.

(a) Hero642®, (b) K3®.

이러한 부식의 차이를 나타내는 원인으로 우선 Hero642®과 K3®에서 니켈과 타이타늄의 각 성분의 차이가 있을 수 있다는 가정 하에 EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer)를 시행하여 파일을 정성적, 정량적으로 분석하였다.

정성 분석 그래프에서 확인했을 때(Fig. 14, 15), Hero642®와 K3®에서 검출되는 주성분은 니켈과 타이타늄이었다. 이를 정량 분석(Table 2, 3)을 통해 각 성분의 성분비를 확인해보니 Hero642®과 K3®모두 Ti과 Ni의 비율은 원자 퍼센트(atomic percent)로 각각 약 22%, 78% 로, 일반적으로 알려진 Nitinol 합금의 Ti 45%, Ni 55%과는 성분비에 있어서 차이가 있었으나, Hero642®과 K3® 두 파일간의 성분 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

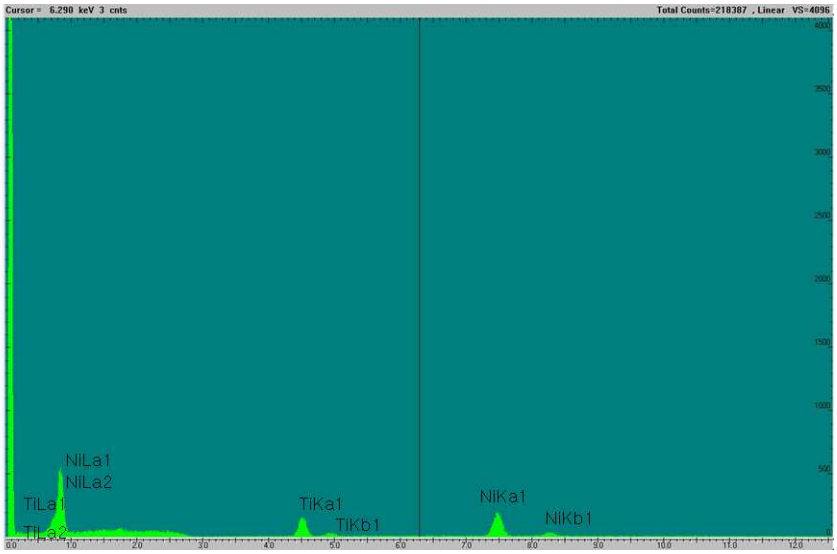

FIG 14. Qualitative analysis of Hero 642®.

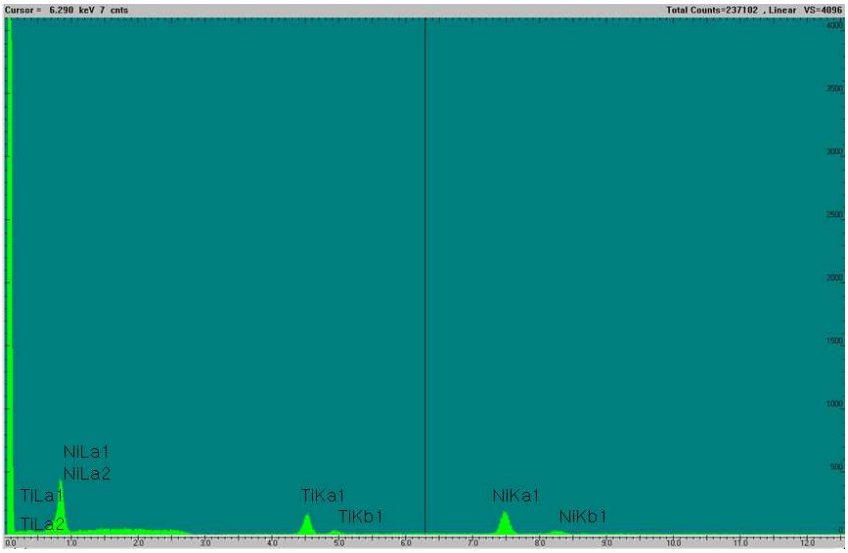

FIG 15. Qualitative analysis of K3®.

Table 2. Quantitative analysis of Hero642®

Element	Line	weight %	K-Ratio	Decon-Regions	Cnts/s	Atomic %	Z	A	F
Ti	Ka	18.67	0.1819	4.260-4.750	23.25	21.96	0.9966	0.9522	1.0262
Ni	Ka	81.32	0.8015	7.150-7.790	32.76	78.04	0.9997	0.9859	1.0000
Total		99.99							

Table 3. Quantitative analysis of K3®

Element	Line	weight %	K-Ratio	Decon-Regions	Cnts/s	Atomic %	Z	A	F
Ti	Ka	19.21	0.1871	4.230-4.840	22.95	22.57	0.9966	0.9525	1.0260
Ni	Ka	80.79	0.7959	7.150-7.790	31.22	77.43	0.9997	0.9855	1.0000
Total		100.00							

두 파일의 성분차이가 거의 없다면 파일의 제조과정상의 열처리로 인해서 부식정도가 다를 수 있으나 각각의 제조 과정은 본 연구에서 확인할 수 없었다.

두 파일 간의 부식 정도가 차이가 나는 또 다른 원인의 하나로 파일의 표면적의 차이로 인해 차아염소산 용액과 접촉되는 면적에 차이가 나게 되는 경우를 생각해 볼 수 있다. 파일의 표면적의 차이로 인해서 파일의 부식이 일어났는지에 대해서는 파일의 표면적을 정확하게 계산할 필요가 있다. 파일의 표면적 계산은 본연구의 범위를 벗어나는 것이므로 제외하였다.

고압증기멸균만 시행한 군(H5, H10군)에서는 Hero642®, K3® 모두 주기적 피로 파절에 소요되는 시간이 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 주사전자현미경 상에서도 N15, N30 군에서와 같은 심한 형태의 변화는 관찰되지 않았다. 다만 K3®의 H5, H10군에서 파일의 날의 형태가 약간 무뎌진 모양을 관찰할 수 있었다.

Hero642®에서는 통계적으로 유의성 있게 나타나지 않았으나 K3®에서는 고압증기멸균 후에 차아염소산 나트륨 용액에 소독을 한 H10N30 군은 차아염소산나트륨용액 소독만 시행한 N15군에 비해서 유의성 있게 주기적 피로 파절 시간이 길어서, 차아염소산나트륨 용액에 담근 시간이 보다 길었음에도 불구하고 파절 저항성이 보다 큰 것으로 나타났다. 이의 원인으로 차아염소산나트륨 용액 처리 전에 고압증기멸균을 한 것이 영향을 미쳤을 수 있다고 생각할 수 있다. 즉, 열처리를 통해 Ni-Ti파일의 피로 파절에 대한 저항이 높아졌을 수도 있고, 부식에 대한 저항성이 높아졌을 수도 있다.

Serene 등(1995)이 Ni-Ti 파일의 피로 파절에 대한 저항을 늘리기 위해 열처리를 할 것을 제안하였다. 이는 Ni-Ti 합금은 스트레스로 인해 martensite로 변형된 것을 열처리를 통해 austenite 형태로 되돌릴 수 있기 때문이다. 그러나 본 연구에서 사용된 파일은 사용되지 않은 새 파일을 이

용하여 실험 한 것이므로, 파일이 스트레스를 받지 않았기 때문에 단순히 열처리로 인해 파일의 피로 파절에 대한 저항성이 증가했다고 단정 지을 수는 없다. 실제로, 대조군과 H5 또는 H10군 사이에는 통계적으로 유의차가 없어서 고압증기멸균의 열처리만으로 파일의 주기적 피로 파절에 영향을 끼쳤다고 할 수 없다.

Ni-Ti 합금의 열처리와 부식에 관한 연구는 현재까지 거의 이루어지지 않았으나, Thierry 등(2000)이 고압증기멸균 후에 Ni-Ti 합금 표면의 산화층(titanium oxide layer)이 대조군에 비해 두 배 가까이 두껍게 형성되었다고 한 바 있다. Ni-Ti 합금은 표면의 산화층으로 인해 타이타늄 합금과 비슷한 부식 정도를 가진다. 그러므로 고압증기멸균 후에 부식에 대한 저항성이 높아진다고 예상할 수 있다. 그러나 고압증기멸균 후 부식에 대한 저항성이 높아지는 정도에 대해서는 전기화학적 방법 등을 이용하여 부식을 정확하게 측정하는 보다 심화된 연구가 필요하다.

Ⅴ.결론

본 연구에서는 Hero642®과 K3®의 두 가지 파일을 이용하여 차아염소산나트륨 용액과 고압증기멸균이 근관 치료용 Ni-Ti파일에 미치는 영향을 알아보았으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. Hero642®에서는 차아염소산나트륨 용액 및 고압증기멸균이 주기적 피로 파절 시간에 유의할 만한 영향을 끼치지 않았다.

2. K3®는 차아염소산나트륨 용액 처리 후에 주기적 피로 파절 시간이 대조군 및 고압증기멸균 처리 군에 비해 유의성 있게 감소하였다($p<0.05$). 따라서, 차아염소산나트륨 용액처리를 15분 이상 하는 경우 K3®의 주기적 피로 파절에 대한 저항성이 크게 약화됨을 알 수 있다.

3. 차아염소산나트륨 용액 처리한 군에서 K3®는 Hero642®보다 뚜렷한 부식이 관찰되었다.

이상의 결론을 토대로, K3® 파일을 소독 시에는 차아염소산나트륨 용액보다 고압증기멸균이 추천된다고 할 수 있다. 또, K3® 파일은 차아염소산나트륨 용액에 가능한 한 적은 시간 노출시키는 것이 파일의 부식으로 인한 형태의 손상을 방지할 수 있고, 주기적 피로 파절에 걸리는 시간도 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

American Dental Association. Council on dental materials and devices. specification No. 28 for endodontic files and reamers. *J Am Dent Assoc* 93(8), 831-817, 1976.

Dieter GE : Mechanical metallurgy, 3rd ed. New York : McGraw-Hill. 1986.

Fife D, Gambarini G, Britto L : Cyclic fatigue testing of Protaper NiTi instruments after clinical use, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 97;251-6, 2004.

Gambarini G : Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *J Endod* 27(12) ; 772-774, 2001a.

Gambarini G : Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J* 34; 386-398, 2001b.

Gambill JM, Alder M, Del Rio CE : Comparison of nickel-titanium and

stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 22(7) ; 369-375, 1996.

Glosson CR, Haller RH, Dove SH, 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(3) ; 146-151, 1995.

Haïkel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser J, Alleman C : mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod* 24(11) ; 731-735, 1998.

Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Alleman C : Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instrument. *J Endod* 25(6) : 434-440, 1999.

Li U, Lee B, Shih C, Lan W, Lin C : Cyclic fatigue of endodontic nickel-titanium rotary instruments : static and dynamic tests. *J Endod* 28(6) : 448-451, 2002.

Pruett JP, Clement DJ, Carnes DLJr : Cyclic fatigue testing of nickel-titanium

endodontic instruments. *J Endod* 23(2) : 77-85, 1997.

Schneider SW : A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 32(2) ; 271-5, 1971.

Serene TP, Adams, JD, Saxena A : Nickel-Titanium instruments : Applications in Endodontics, St Louis : Ishiyaku EuroAmerica, Inc., 1995.

Silvaggio J, Hicks L : Effect of heat sterilization on the torsional properties of rotary nickel-titanium endodontic files. *J Endod* 23(12) ; 731-734, 1997.

Stokes O, Fiore P, Barss J, Koerber A, Gilbert J, Lautenschlager E: Corrosion in stainless steel and nickel-titanuim files. *J Endod* 25(11) ; 731-735, 1999.

Thierry B, Tabrizian M, Savadogo O, Yahia L'H : Effect of sterilization process in NiTi alloy : surface characterization. *J Biomed Mater Res* 49(1) ; 88-98, 2000.

Thompson SA, Dummer PMH : Shaping ability of ProFile .04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod*

J 30, 1-7, 1997.

Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JM : Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stressess of nickel-titanium root canal instrument models. J Endod 26(7) ; 414-417, 2000.

Walia H, Brantley WA, Gerstein H : An initial investigationof the bending and torsional properties of nitiinol root canal files. *J Endod* 14 ; 346-351, 1988.

Yared G, Dagher F, Machtou P : Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after simulated clinical use. *Int Endod J* 32; 115-119, 1999.

Yared G, Dagher F, Machtou P : Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after clinical use. *Int Endod J* 33; 204-207, 2000.

Zelada G, Varela P, Martin B, Bahillo J, Magan F : The effect of rotational speed and the curvature of root canals on the breakage of rotary endodontic instruments. *J Endod* 28(7) ; 540-542.

Abstract

Cyclic fatigue of the sodium hypochlorite treated and/or steam autoclaved nickel-titanium endodontic files

Hye-Young Cho,DDS

Department of Dentistry,

The Graduate school, Yonsei University

(Directed by Professor EuiSeong Kim, D.D.S, M.S.D, Ph.D)

Ⅰ. Objectives

Sodium hypochlorite and steam autoclaves are used to sterilize nickel-titanium rotary endodontic files. The aim of the study was to determine the effect of sodium hypochlorite and steam autoclaving on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic files.

Ⅱ. Materials and Methods

Two types of files with a .06 taper and #30 were used in this study, K3®(SybronEndo, Glendora, California, USA) and Hero642®(Micro-Mega,

Besançon, France).

The files were divided into the following 6 experimental groups containing 10 files each group.

Group N15 : soaking in 6% sodium hypochlorite for 15 minutes.

Group N30 : soaking in 6% sodium hypochlorite for 30 minutes.

Group H5 : 5 cycles of steam autoclave at 121℃, 0.12MPa for 15 minutes.

Group H10 : 10 cycles of steam autoclave at 121℃, 0.12MPa for 30 minutes.

Group H5N15 : 5 cycles of steam autoclave followed by 15 minutes in a sodium hypochlorite solution.

Group H10N30 : 10 cycles in steam autoclave followed by 30 minutes in a sodium hypochlorite solution.

After sterilization, a cyclic fatigue test was performed on each file, and the fracture time was recorded in seconds. The control group underwent the cyclic fatigue test only.

After the test, the surface characteristics of the files were observed using scanning electron microscopy (SEM).

Ⅲ. Results

All groups containing the Hero 642®files showed a similar cyclic fatigue fracture time. However, the cyclic fatigue fracture time with the K3® files was significantly shorter in the N15, N30 and H5N15 groups than in the control group($P<0.05$). SEM revealed both Hero642® and K3® files to have significant corrosion on the file surface in the N15 and N30 groups, compared with the sharp and regular blades of the control group. The N30 group showed a much more destructive pattern than the N15 group, and the K3® files showed more corrosion than the Hero642® files. Bluntness of the blades of the K3® file was observed in the H5 and H10 groups . Although there was no obvious destruction on the surface of the H10 group in Hero642® files, slight bluntness was observed. There was no significant morphological difference between the H5N15 and H10N30 groups.

Ⅳ. Conclusion

Sterilizing with a steam autoclave is much less destructive to K3® files than sodium hypochlorite. Therefore, when using sodium hypochlorite

solution, the exposure time should be as short as possible in order to prevent corrosion and increase the cyclic fatigue fracture time.

Key words : Ni-Ti endodontic files, cyclic fatigue fracture, sodium hypochlorite solution, steam autoclave.