

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 2 3 年 1 2 月 2 8 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22791824

研究課題名（和文） 合金組成および熱処理がニッケルチタンファイルに与える影響

研究課題名（英文） Change of mechanical properties of Ni-Ti rotary instruments through heat treatment

研究代表者

八幡 祥生（YAHATA YOSHIO）

東京医科歯科大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：30549944

研究成果の概要（和文）：

Ni-Ti ファイルの機械的性質は、熱処理によって大きな影響を受ける。そこで、本研究では熱処理が Ni-Ti ファイルの曲げ特性、根管形成能および疲労特性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

Ni-Ti ファイルを用い、400、450 および 500 の 3 条件で熱処理を行った。熱処理時間は各群とも 30 分に設定した。熱処理を行わなかった群をコントロールとして使用した。まず、片持ち梁式曲げ試験を行い、弾性領域および超弾性変形領域において、熱処理による曲げ特性の変化を計測した。アクリル樹脂製模擬湾曲根管模型を使用し、根管形成を行った。形成前後の根管形態の重ね合わせを行い、内湾側および外湾側の切削量について、根尖部より 6mm 以内の計測を行った。また、回転曲げ疲労試験を、回転速度 250rpm で、ファイル先端 2mm を 1.0 および 2.0mm 変位させ、その変位量を一定としたまま、回転数 250rpm で、破断するまでファイルを回転させる、回転曲げ疲労試験を行った。同試験より、破断に要した回転数を記録した。

片持ち梁式曲げ試験の結果から、弾性領域において、400 および 450 熱処理群は、500 熱処理群およびコントロールに比較し、低い曲げ荷重を示した。一方、超弾性領域では、全ての熱処理群で、コントロールに比較し、低い曲げ荷重を示した。根管形成能の評価から、根尖部の形成において、コントロールに比較し、全ての熱処理群で、湾曲外湾側への切削量が少なかった。回転曲げ疲労試験から、コントロールと比較し、450 および 500 熱処理群は、1.0mm よび 2.0mm 変位時両方において、高い疲労寿命を呈した。一方、400 熱処理群は、1.5mm 変位時においてのみ、疲労寿命の向上を認めた。

以上の結果から、熱処理によりニッケルチタンファイルの柔軟性および疲労寿命が向上することにより、特に湾曲根管において、より効果的に根管形成が行える可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

It is known that the mechanical behavior of Ni-Ti rotary instruments is strongly affected by heat treatment. The aim of this study was to investigate the effect of heat treatment on bending properties, shaping abilities and fatigue properties of Ni-Ti rotary instruments.

Raw Ni-Ti files were heat-treated for 30 minutes at 400 (group 400), 450 (group 450) and 500 (group 500) degrees centigrade. Non heat-treated specimens were used as control. A cantilever-bending test was used to evaluate changes in specimen flexibility both elastic and superelastic deformation range caused by heat treatment. Curved canal models were prepared. Deformed and fractured instruments during preparation were recorded. Pre- and post operative images were superimposed. The amounts of resin removed from both the inner and outer sides of the curvature in the apical 6 mm were determined. The rotational bending test was performed at a rate of 250 rpm until fracture. At 2 mm from the tip, each specimen was deflected horizontally to 1.0 or 1.5 mm. All specimens were tested under each deflection. The number of cycles until

fracture (NCF) was counted.

In the cantilever-bending test, load values of the control group and group 500 were higher than those of groups 400 and 450 at the elastic range ( $P < 0.05$ ). At the superelastic range, the bending load of the control group was the highest amongst all groups ( $p < 0.05$ ). Regarding shaping ability, in the control group, root canals at the apex were transported more to the outer side of the curvature compared with those of all heat-treated groups ( $p < 0.05$ ). In the rotational bending test, as compared to the control group, Groups 450 and 500 showed a higher NCF under 1.0 and 1.5 mm deflection, whereas Group 400 showed a higher NCF only under 1.5 mm deflection ( $p < 0.05$ ).

In conclusion, heat treatment of files might improve their flexibility and fatigue life, making them more effective for preparation of cured canals.

#### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：ニッケルチタンファイル、熱処理、機械的特性

#### 1. 研究開始当初の背景

根管治療時において根管形成は長年にわたり手用ステンレススチールファイルが用いられてきた。この手用ファイルでの根管形成は術者の経験が必要なことや形成にかかる時間が長くかかり術者・患者ともに疲労が大きいなどの問題点がある。また根管を逸脱した形成が危惧され機械的切削は困難を極めていた。それらの欠点を補うべく、1990年代に入りニッケルチタンファイル（以下Ni-Ti ファイル）による機械的切削が行われ始めた。

このNi-Ti ファイルは超弾性の性質を持ち、特に湾曲根管の形成が容易に行われる。回転切削器具として機械的根管形成が可能であり、切削効率が高い。等の理由により広く臨床に応用されつつある。しかしながら、以上のような利点を持つ反面突然として破断を起こすといった欠点があることも確かである。

一方、これまでの研究代表者の研究から、Ni-Ti ファイルは熱処理により、その機械的性質を向上することが明らかにされてきた。

#### 2. 研究の目的

Ni-Ti ファイルの根管形成能力および破折抵抗性に対し、母材であるNi-Ti 合金の

組成や熱処理条件といった金属学的特性が与える影響について明らかにすることを目的とした。

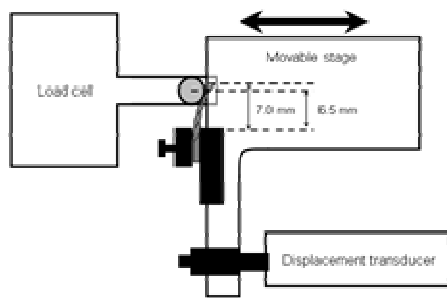
#### 3. 研究の方法

Ni-Ti ファイルに対し各種条件で、熱処理を行った。熱処理温度は、400、450 および500 の3条件とし、熱処理時間は、それぞれ30分とした。熱処理を行わなかった群をコントロールとした。

以上の試料を使用し、以下の試験を行った。

#### 1) 曲げ試験（片持ち梁法）

片持ち梁式曲げ試験機（図）を用い、試験片に荷重を加え試験片の弾性限およびその曲げ挙動について検討を行った。この片持ち梁式試験を採用することにより、ISO規格試験（ISO3630-1）では評価不能であったニッケルチタン合金特有の超弾性領域での柔軟性を評価することが可能となった。



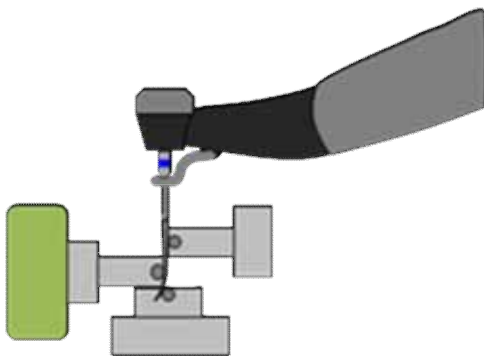
## 2) 根管形成能の評価

アクリル樹脂製模擬湾曲根管模型を使用し、各熱処理条件による、根管形成能の評価を行った。根尖部、根尖部より3mm上部および6mm上部の切削量の計測を行った。さらに、根管形成に伴う器具破折や永久変形の記録を行った。

## 3) 回転曲げ疲労試験

3点回転曲げ試験方式の、疲労試験機を用い(図)、各種変位量における、疲労寿命の計測を行った。

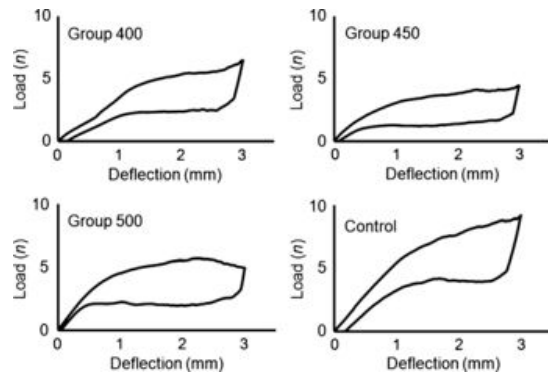
荷重点間距離は5mmとし、ファイル先端2mmに位置した円柱形治具を水平方向に移動させることにより、ファイル先端の変位量を規定した。変位量は、1.0mmおよび1.5mmの2条件とした。試料は変位量一定のまま250rpmで破折するまで回転させた。潤滑材にはシリコンオイルを使用した。疲労試験から、各試料の疲労破折に至るまでに要した回転数、および疲労曲線を求めた。



## 4. 研究成果

### 1) 曲げ試験(片持ち梁法)

弾性領域において、400および450で熱処理した群は、500およびコントロールと比較し、低い曲げ荷重を示した。一方、超弾性領域では、全ての熱処理群で、コントロールと比較し、低い曲げ荷重を示した。以上の結果から、熱処理により、ファイルの柔軟性が向上することが、示唆された。



### 2) 根管形成能の評価

根尖部の形成において、コントロールと比較し、全ての熱処理群で、湾曲外湾側への切削量が少なかった。また、根尖部より3mm部位では、400処理群の外湾側への切削量が、他群と比較し、少なかった。根尖部より6mm部位では、統計学的な差異は認められなかった。以上の結果より、熱処理することにより、特に根尖部付近において、根管追従性が向上する可能性が示唆された。

一方、根管形成時の器具破折や永久変形の頻度に関しては、450処理群のみで、認めなかったが、熱処理群およびコントロール群において、統計学的有意差は認められなかった。

### 3) 回転曲げ疲労試験

1.0mm変位時において、450処理群および500処理群は、コントロールと比較し、有意に高い疲労寿命を呈した。

また、1.5mm変位時においては、全ての熱処理群で、コントロールと比較し、高い疲労寿命を呈した。

冷間加工を中心とした、製造工程上で発生する、金属格子内のひずみや転位が生じ、内部ひずみとなる。熱処理は、金属原子に自由エネルギーを付与することにより、再配列を促し、結果内部ひずみを報酬することが可能となる。そして、原子の移動がスムーズになることから、柔軟性や延性が向上し、亀裂の発生や進展を防ぐことで、疲労に対する抵抗性を向上させると推察された。

以上から、至適熱処理によって、Ni-Ti ファイルの疲労寿命が向上し、臨床使用において、より安全にNi-Ti ファイルを使用できる可能性が示唆された。

以上の結果から、熱処理によりニッケルチタンファイルの柔軟性および疲労寿命が向上することにより、特に湾曲根管において、より効果的に根管形成が行える可能性が示唆された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

八幡祥生, 山内隆守, 海老原新, 須田英明: 複雑な根管を呈する下顎小白歯の歯内治療  
歯科用実体顕微鏡とコーンビーム CT の有用性 ; 日本歯内療法学会雑誌, in press.

Ebihara A, Yahata Y, Miyara K, Nakano K, Hayashi Y, Suda H: Heat treatment of nickel-titanium rotary endodontic instruments: effects on bending properties and shaping abilities; International Endodontic Journal 44, 843-849, 2011.

Jamleh A, Sadr A, Nomura N, Yahata Y, Ebihara A, Hanawa T, Tagami J, Suda H: Nano-indentation of NiTi Endodontic Instruments after Cyclic Fatigue; International Endodontic Journal 45, in press, 2012.

[学会発表](計3件)

Yahata Y, Miyara K, Jamleh A. O, Hayashi Y, Ebihara A, Suda H: Change of fatigue property of Ni-Ti rotary instruments through heat treatment; American Association of Endodontists 2011 annual session, San Antonio Texas, USA, 2011.

Jamleh A, Sadr A, Nomura N, Yahata Y, Ebihara A, Hanawa T, Tagami J, Suda H: Nanoindentation of NiTi Endodontic Instruments after Cyclic Fatigue, The 136th Scientific meeting of Korean Academy of Conservative Dentistry and 13th Scientific joint meeting between JSCD and KACD, Seoul, Korea, 2011.

宮良香菜, 八幡祥生, 海老原新, 埴隆夫, 須田英明: 新型ニッケルチタンファイル ProFile Vortex の曲げ特性および相変態挙動; 第 134 回日本歯科保存学会 春季学術大会, 千葉, 2011.

[図書](計3件)

八幡祥生, 須田英明: 基礎研究と臨床の懸け橋として; 東京医科歯科大学学生体材料工学研究所 60 年史, 医科歯科 BLOOM! 特集号; 28, 2011.

Yahata Y: Editorial; ROOTS international magazine of endodontology 7, 103, Oemus Media AG, 2011.

Yahata Y: Editorial; Dental Tribune Asia Pacific Edition 9, 4, Dental Tribune Asia Pacific Ltd., 2011.

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

八幡 祥生 (YOSHIO YAHATA)  
東京医科歯科大学・歯学部附属病院・医員  
研究者番号: 3  
0549944

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: