

機関番号：12602

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21791840

研究課題名（和文） 曲率および曲率半径がニッケルチタンファイルの破折に与える影響について

研究課題名（英文） Influence of curvature and radius on fatigue fracture of nickel-titanium rotary instruments

研究代表者

林 洋介（HAYASHI YOUSUKE）

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・非常勤講師

研究者番号：50451919

研究成果の概要（和文）：

Ni-Ti ファイルの疲労破折は、日常臨床において、非常に大きな問題となる。ファイルの変形量は、疲労破折を規定する重要な要素であり、その曲率半径は大きな影響を与える。本研究では、自作の疲労試験機を使用し、Ni-Ti ファイルの破折に曲率半径が与える影響を明らかにすることを目的とした。

既存のファイルである ProFile (size 30, 0.06 taper, Dentsply Maillefer, Switzerland) を試料とし、サイクル疲労試験を行った。自作疲労試験機は 3 本のステンレススチール製のピンにより、試料の曲率半径を規定し、その曲率半径を一定のまま、毎分 250 回転で疲労破折が生じるまで試料を回転させた。また、ピンにはロードセルを接続することで、試験中の荷重の変化も合わせて計測を行った。曲率半径は 4、5、6、7 および 8 mm の 5 条件とした。

曲率半径 4、5 および 6 mm のとき、試料の疲労破折に至るまでの回転数は小さな値を示し、かつ大きな荷重を示した。また、荷重の計測結果より、曲率半径 4、5 および 6 mm 下では、超弾性変形が生じていることが示唆された。

以上の結果から、疲労破折は曲率半径量に対し、直線関係を呈しておらず、ある一定の曲率を境に、長寿命側と低寿命側に 2 分されることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Fatigue fracture of Ni-Ti rotary instruments is a major problem in the practice of endodontics. Radius of curvature might be one of the most important factors that affect fatigue fracture. However, the relation between radius of curvature and load is not clarified. The aim of this study was to evaluate the influence of radius of curvature and load on fatigue fracture of rotary Ni-Ti instruments using a newly designed cyclic fatigue testing machine.

ProFile (size 30, 0.06 taper, Dentsply Maillefer, Switzerland) was subjected to cyclic fatigue testing. A newly designed cyclic fatigue testing machine which can define radius of curvature by three cylindrical stainless steel pins and measure applied load was used. Radius of curvature was set at 4, 5, 6, 7 and 8 mm. Instruments were rotated at 250 rpm until fracture occurred. Load-time curves were obtained from the fatigue test. The number of cycles before fracture (NCF) and mean load were obtained. Lower NCF and higher mean load of 4, 5 and 6 mm in radius were obtained when compared with those of 7 and 8 mm in radius. Super-elastic deformation occurred in 4, 5 and 6 mm in radius.

In conclusion, linear relationship was not found between NCF and the radius of curvature. It was suggested that fatigue fracture of Ni-Ti instruments may be accelerated when their deflection exceeds a certain threshold level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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、低サイクル疲労破壊、脆性破壊

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なり術者・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。

これまでの研究からは、Ni-Ti ファイルの変形量、断面形態およびサイズやテーパーが、破折に影響を与えることが明らかとなっている。しかしながら、曲率や曲率半径とNi-Ti ファイルの破折の関連に言及したものは皆無である。

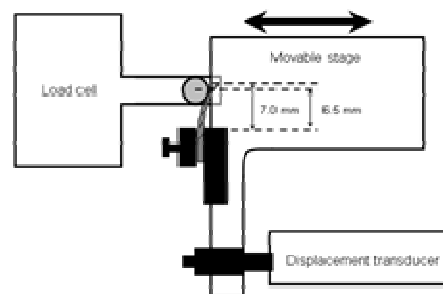
2. 研究の目的

そこで本研究では、Ni-Ti ファイルの変形に際し、曲率および曲率半径に着目し、疲労破折に与える影響について検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

1) 片持ち梁式曲げ試験

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う。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になる。

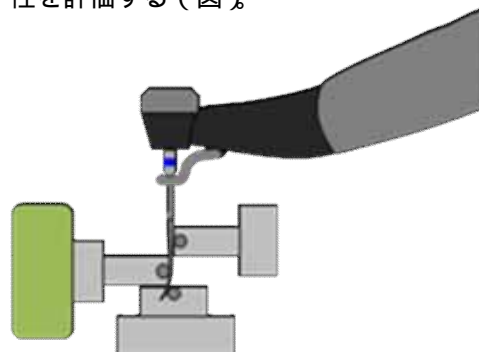


2) 示差走査熱量分析 (DSC)

試験片の相変態温度および相変態に伴う熱量を測定し、ニッケルチタン原線とNi-Ti ファイルでの相変態挙動の変化について評価する。

3) 恒温型サイクル疲労試験

3点回転曲げ試験方式のサイクル試験装置を自作し、任意の曲率、曲率半径下を決定し、模擬根管内のサイクル疲労に対する抵抗性を評価する（図）。



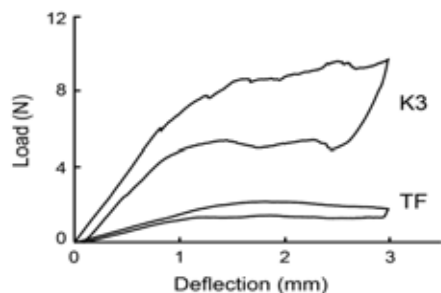
試料には、既存のNi-Ti ファイルであるProFile (Dentsply Maillefer, Switzerland)の先端径0.30 mm、0.06テーパーの者を使用した。荷重点間距離は5 mmとし、ファイル先端2 mmに位置した円柱形治具を水平方向に移動させることにより、ファイルの曲率を規定した。また、中

中央の円柱形治具にはロードセルを接続し、試験中の疲労荷重を計測した。試験条件は、曲率4、5、6、7および8 mmの5条件とした。試料は曲率一定のまま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。なお、 $10^4$ 回転を超えても疲労破折が生じない場合には、試験を終了させた。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。描いた疲労曲線から、破折に至るまでの平均疲労荷重を求めた。

#### 4. 研究成果

##### 1) 片持ち梁式曲げ試験

近年、市場に供された新たな製造方法によるニッケルチタンファイルであるTFファイルは、製造工程中に熱処理が施され、ねじり加工によって製作されている。本研究では、既存のファイルと髒特製について比較を行った結果、有意に柔軟性が向上されていることが示された。



##### 2) DSC

上記TFファイルの相変態挙動を、既存のファイルと比較したところ、超弾性特性に特に強く影響を与える、マルテンサイト変態開始温度および逆変態終了温度が有意に高く、優れた超弾性特性を有していることが示唆された。また、変態に際する総熱量もTFファイルは有意に大きく、熱処理によって冷間加工による、加工硬化が開放されていることが推察された。

以上、片持ち梁式曲げ試験およびDSCの結果から、新規製造方法によるTFファイルは、既存のファイルと比較し、その母材であるNi-Ti合金の機械的特性が向上していることが示唆された。

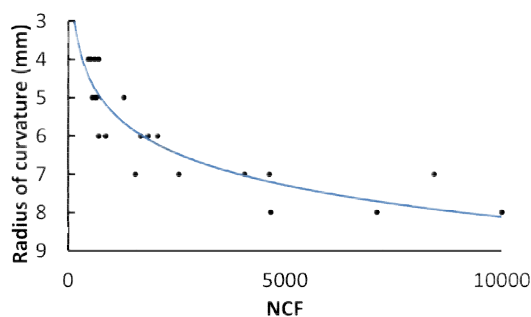
##### 3) 恒温型サイクル疲労試験

各曲率半径群の結果から、高寿命側と低寿命側に2分され、その分極点は曲率半径6mm付近に存在することが示唆された(図)。さらに、荷重の計測結果から、4、5および6mmでは曲率半径を減らしても、試験中の荷重に上昇を認めず、同領域では超弾性変形を示しているものと推察された。さらに、疲労荷重の変位より、繰り返し変形初期段階に

は、いずれも加工硬化に伴う荷重の上昇が認められた。曲率半径が小さい群では荷重の上昇後、破折が生じた。一方曲率半径が大きい環境下では、疲労荷重の上昇後、破断面における亀裂の発生や伝播による荷重の減少が生じた後に、破折に至ったと推察された。

以上より、一般に疲労破折と考えられてきた、Ni-Tiファイルの繰り返し変形による破折は、疲労荷重の上昇中に生じていることから、数回から数十回の過重負荷に折るものが主であり、低サイクル疲労破壊領域もしくは、脆性破壊に近い様相を呈し、かつ超弾性変形が、その破折を促進していることが示唆された。

つまり、日常臨床において、Ni-Tiファイルの破折を予防するには、新品を使用する事はもとより、単回使用であっても、根管の解剖学的形態を十分把握し、かつ可能な限り短時間での使用が推奨される。



#### 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2件)

Hou XM, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H, Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel-titanium endodontic instruments, International Endodontic Journal, 査読有, vol. 44, pp253-258, 2011.

Ebihara A, Yahata Y, Miyara K, Nakano K, Hayashi Y, Suda H, Heat Treatment of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments: Effects on Bending Property and Shaping Ability, International Endodontic Journal, 査読有, in press.

[学会発表](計6件)

Hayashi Y, Yahata Y, Ebihara A, Doi H, Suda H, Phase transformation behavior and bending property of GT series X rotary endodontic file, American

Association of Endodontists 2009 annual session

Nakano K, Ebihara A, Yahata Y, Hayashi Y, Suda H, Effect of heat treatment for NiTi rotary endodontic instruments: evaluation of root canal preparation, American Association of Endodontists 2009 annual session

Ebihara A, Yahata Y, Nakano K, Hayashi Y, Suda H, Effect of heat treatment for NiTi rotary endodontic instruments: change of bending properties, American Association of Endodontists 2009 annual session

Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Kobayashi C, Suda H, Influence of radius of curvature and load on fatigue fracture of nickel-titanium rotary instruments, American Association of Endodontists 2009 annual session

Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Suda H, Fatigue fracture of Ni-Ti rotary instruments is accelerated when their deflection exceeds a certain threshold level, International Federation of Endodontic Associations, 8<sup>th</sup> World Endodontic Congress

Nakano K, Yahata Y, Ebihara A, Suda H, Management of mucosal fenestration; treatment planning using CBCT, International Federation of Endodontic Associations, 8<sup>th</sup> World Endodontic Congress

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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

林 洋介 (HAYASHI YOUSUKE)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・非常勤講師

研究者番号: 50451919

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: