

往復運動機能によるシングルNi-Tiロータリーファイルの根管切削評価

—WaveOne と Reciprocの切削特性—

Evaluation of Single Ni-Ti rotary file on the canal shaping

Department of Pulp Biology and Endodontics, Kanagawa Dental University

MUTO Noriko, KAWASHIMA Eriko, SHIMOJIMA Kaori, TANI-ISHII Nobuyuki

武藤徳子、川島栄里子、下島かおり、石井信之

神奈川県横須賀市稲岡町82
神奈川歯科大学大学院歯学研究科

歯髓生物学講座

責任著者連絡先：武藤徳子

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町82

神奈川歯科大学大学院歯学研究科歯髓生物学講座（歯科保存学教室）

TEL：046-822-8856, FAX：046-822-8856,

E-mail：mutoh @kdu.ac.jp

ランニングタイトル：Waveone と Reciprocの切削特性

抄 録

目的：WaveOneとReciprocは往復運動機能により、1本のファイルで正確、迅速な根管形成を可能にしたNi-Tiロータリーファイルである。本研究は、Waveone, Reciprocによる湾曲根管形成の所要時間、および形成後の根管形態をProTaperと比較検討し、シングルNi-Tiロータリーファイルの切削特性を解析した。

材料と方法：根管形成は30度の湾曲を有するJ型レジン製透明湾曲根管模型60本を使用し、4群（各群n=15）に分類しWaveOne Small、WaveOne Primary, Reciproc R25、および対照群としてProTaperを実験に使用した。各実験群の根管形成の評価は切削時間を計測し、切削効率の測定には実体顕微鏡OlympusSZX16およびデジタルカメラDP71を使用し、根管形成前後の透明根管模型を、計測用ソフトを使用して計測を行った。

結果：WaveOneとReciprocの根管形成所要時間は、対照群のProTaperに比較して有意に減少した。切削効率を測定した結果、WaveOne Sは内湾側切削量が外湾側切削量よりも優位に減少していた。一方、外湾側切削量は、いずれの実験群においても有意差のないことが明らかにされた。根管壁切削量の測定値および根管形成所要時間は、有意に減少した（ $p<0.05$ ）。

結論：Waveone, Reciprocは迅速で適切な根管形成を可能にし、本来の根管形態を維持した形態に形成することが可能であった。

Key words: Ni-Tiロータリーファイル、根管変位、往復運動機能、WaveOne、Reciproc

緒 言

Ni-Tiロータリー・ファイルシステムは正確で迅速な根管形成が可能で治療成績の向上に貢献してきた¹⁻⁴⁾。根管形成に変革を起こしたNi-Tiロータリー・ファイルシステムは2007年に開発された*M-Wire*⁵⁾によってさらに進化し、柔軟性の増強と破折抵抗性を向上させた。*M-Wire*はNi-Ti合金の熱処理工程を変化させ、合金内部をR相に変換したもので、R相に変換したNi-Ti合金は、従来まで切削工程のみで作成していたNi-Tiファイルを非切削工程のねじり行程によって作成することが可能になった^{5,6)}。*M-Wire*によるNi-Tiファイルは複数回の使用によるファイル表面の疲労変化が現れる利点を得た⁷⁻⁹⁾。そのため、従来のNi-Tiファイルの欠点とされた突然のファイル破折を未然に防止することが可能になった。

2010年に開発されたWaveOne (Dentsply Maillefer, Switzerland)とReciproc (VDW Gmbh, Germany)は、1985年にRoane¹⁰⁾が提唱したバランス・フォース・テクニックを回転数、回転トルク自動制御エンジンと*M-Wire*の応用により実現したシステムで*M-Wire*と往復運動(時計回りに30度、反時計回りに150度)機能エンジンの開発によって1本ファイルで根管形成終了を可能にした^{7,11,12)}。往復運動機能による両ファイルの切削は、従来のNi-Tiロータリー・ファイルと比較して、さらに根管追従性と破折抵抗性が向上することが期待されている。

本研究は、シングルNi-Tiロータリーファイルの WaveOne,とReciprocによる根管形成の切削効率(象牙質切削量)、および所要時間をProTaperと比較検討し、往復運動によるシングルNi-Tiロータリーファイルの切削特性を解析した。

材料および方法

1. 術者および供試根管模型

術者は、歯科大学卒業後20年の臨床経験を有し、Ni-Tiロータリーファイルの使用経験10年以上の歯科医師を対象とした。実験には、J型エポキシレジン製透明湾曲根管模型（湾曲度30°、根尖口径#15、根管テーパー02、根管長19mm：(VDW Plastic training Block, Germany) 60根管を使用した。

2. 根管形成

実験には、WaveOne Small（実験群1（以下,1群）：Dentsply Maillfer, Switzerland）、WaveOne Primary ファイル（実験群2（以下,2群）：Dentsply Maillfer, Switzerland）とReciproc R25（実験群3（以下,3群）：VDW, Germany）を用い、対照群（以下,4群）としてProTaperSX,S1,S2,F1（（Dentsply Maillfer, Switzerland）を実験に使用した。すべてのNi-Tiロータリーファイルは専用エンジンであるX Smart plus（Dentsply Maillfer, Switzerland）を使用して根管形成を行った。透明湾曲根管模型60本は、4群（各群n=15）に分類しステンレススチール製#15Kファイルで根尖まで穿通しグライドパス（glide path）を確認した。

根管形成は以下の術式で同一の術者が行い、同時に切削時間を計測した

1群：WaveOne Small 根管形成術式

作業長までSmallファイル(ファイル先端直径#21 / テーパー0.06：以後21 / 06)1本を

使用してX Smart plusエンジンのWaveOne Sモードで往復運動（左150度、右30度）を行って根管形成（3回の上下動操作を1サイクルとして3サイクルで作業長に到達。1サイクル終了時に根管洗浄）を終了した。ファイルの交換は8根管形成終了時に行った。

2群：WaveOne Primary 根管形成術式

作業長までPrimaryファイル(ファイル先端直径#25 / テーパー0.08 : 以後25 / 08)1本を使用してX Smart plusエンジンのWaveOne Pモードで往復運動（左150度、右30度）を行って根管形成（3回の上下動操作を1サイクルとして3サイクルで作業長に到達。1サイクル終了時に根管洗浄）を終了した。ファイルの交換は8根管形成終了時に行った。

3群：Reciproc R25根管形成術式

作業長までR25ファイル(ファイル先端直径#25 / テーパー0.08 : 以後25 / 08)1本を使用してX Smart plusエンジンのReciproc R25 モードで往復運動（左150度、右30度）を行って根管形成（3回の上下動操作を1サイクルとして3サイクルで作業長に到達。1サイクル終了時に根管洗浄）を終了した。ファイルの交換は8根管形成終了時に行った。

4群：Protaper SX,S1,S2,F1根管形成術式

SX,S1,S2,F1(最終F1ファイル先端直径#20 / テーパー0.07 : 以後20 / 07)ファイル4本をX Smart plus エンジンのProTaper モード (SX,S1,S2,F1 : 250rpm 3.0から1.0Ncm) 設定で使用し、ファイル交換時に根管洗浄を行い、4本目のF1ファイルを作業長まで到達させて根管形成を終了した。ファイルの交換は8根管形成終了時に行った。

3. 根管形態の評価

根管形態の解析は根管湾曲の外湾部と内湾部で根管壁切削量を測定し比較検討した。測定には実態顕微鏡OlympusSZX16およびデジタルカメラDP71を使用し、根管形成前後の透明根管模型をデジタル画像で重ね合わせ、得られた画像データをPCに取り込み、計測用ソフト（WinRoof）を使用して計測を行った。計測箇所は、富田¹⁴⁾、日向¹⁵⁾の方法に準じて、根尖から1, 2, 3, 5mmの位置を設定し、外湾側、内湾側それぞれにおいて根管幅径増加量（形成前の根管壁から形成後の根管壁までの距離）を計測し、統計処理を行った。

4. 根管形成所要時間

各実験群の根管形成所要時間は、ストップウォッチを使用して計測した。計測には、根管洗浄とファイル交換に要した時間を削除し、根管形成開始から終了までの総所要時間を計測値とした。

5. 統計処理

根管壁切削量の測定値および根管形成所要時間は一元配置分散分析およびBonferroni Dunnによる多重比較検定を行い。危険率5%で統計処理を行った。

結 果

1. 根管形態の評価

根管形成後の根管形態は根管幅径増加量の変化によって評価した。すべての実験群において、根管幅径増加量を測定した結果を図1、2に示す。各実験群において根管湾曲の内湾側根管幅増加量(図1)と外湾側根管幅増加量(図2)を比較した結果、WaveOne Sは外湾側切削量が内湾側切削量よりも増加していたが、WaveOne P、Reciproc R25、およびProTaperにおいては内湾側切削量が外湾側切削量よりも増加していた。

Reciproc R25の内湾平均切削量は他の実験群よりも優位に増加傾向にあり、根尖側

1mmのReciproc R25は0.28mm (WaveOne : S 0.13mm、WaveOne : P 0.22mm、ProTaper : 0.22mm)、2mmのReciproc R25は0.36mm (WaveOne : S 0.16mm、WaveOne : P 0.24mm、ProTaper : 0.20mm)、3mmのReciproc R25は0.40mm (WaveOne : S 0.20mm、WaveOne : P 0.30mm、ProTaper : 0.24mm)を示した(図1)。

各実験群における根管形成後の根管幅径は内湾部でReciproc R25の増加量が多いが、外湾部根管幅径増加量はすべての実験群で有意差が認められなかった。

2. 根管形成所要時間

Ni-Tiロータリーファイルによる根管形成所要時間(表1)は、対照群のProTaperが 131.8 ± 4.2 秒に比較してWaveOne Pが 34.4 ± 1.4 秒、WaveOne S 21.6 ± 1.8 秒がReciproc R25が 21.9 ± 2.1 秒を示した(表またはTable 1)。

考 察

1985年にRoaneが提唱したバランス・フォース・テクニックは、ステンレススチールファイルの湾曲根管形成時に根管の変位を最小限に抑える方法として推奨され、ハンドファイルの基本動作の原型と考えられている¹⁰⁾。一方、Ni-Ti ファイルシステムは形状記憶合金の弾性を利用して、回転数および回転トルクを制御することにより湾曲根管の効率的切削と根管追従性を向上させてきた。本研究に使用したWaveOneとReciproc は、従来のNi-Ti ファイルシステムをさらに進化させ、Roaneの提唱したファイルの往復運動機能を用いることによる、一本のファイルでの根管形成を可能にした。

WaveOneとReciprocは、ProTaper F2ファイルを往復運動することにより、単一ファイルで根管形成を可能にしたYared¹²⁾の研究から製品化されたファイルであり、ProTaper (SX、S1,S2,F1) による根管形成と比較して根管形成時間が短縮されるだけでなく、最終根管形成形態も本来の根管形態に追従することが期待されている。

筆者らは、本研究と同一形態であるプラスチック透明根管模型Jタイプを使用してProTaper (SX、S1, S2, F1、F2、F3) による根管切削特性を解析した結果、根尖側3mm (湾曲部の根尖側) 以内においては内湾部より外湾部の切削量が多く、根尖側3mm (湾曲部の歯冠側) 以上においては外湾部より内湾部の切削量が多いことを報告した¹⁶⁾。他のNi-Tiロータリファイル (M two, Race, Hero, ProFile, GT file, Flex-R, TF) においても同様の報告がある¹⁷⁾。また、日向によるReciprocの切削特性の報告¹⁵⁾では、著者ら¹⁶⁾のProTaper (SX、S1,S2,F1) による根管切削特性と同様に根尖側3mm

(湾曲部の根尖側) 以内においては内湾部より外湾部の切削量が多傾向が認められており、さらにTFと比較解析した結果では、Reciprocは内湾部、外湾部ともに切削量が均等に近く、アピカルトランスポートが抑制される傾向があるとの報告がある。

本研究でWaveOneとReciprocの切削特性をProTaper (SX、S1,S2,F1) と比較検討した結果、根管湾曲のすべての部位においてWaveOne Sの内湾部変位量は、もっとも低いことが明らかになった。根管形成後の根管湾曲形態は、根管形成に使用する最終ファイル形態 (WaveOne S(21/07)、WaveOne P (25/08) 、Reciproc R25 (25/08) 、ProTaper F1 (20/07)) に関連していると考えられている。

WaveOne P (25/08) とReciproc R25 (25/08) は、同一の根尖孔直径とテーパーを有し、同一の往復運動による根管形成である。しかしながら、両ファイルの根管形成変位量を解析すると、Wave One P (25/08) がReciproc R25と比較して外湾形成量に優位差はないが、内湾形成量ではReciproc R25が優位に増加している。この差はファイル形状に由来すると考えられる。一方、WaveOne S(21/07)とProTaper F1 (20/07) は、ほぼ同一の根尖孔直径と同じテーパーを有するファイルで、さらに両ファイルの表面形状は極めて類似している。しかしながら、両ファイルの切削過程はWaveOne Sが往復運動で切削するのに対して、ProTaper F1は同一回転で切削する。両ファイルの根管形成変位量を解析すると、内湾切削量はProTaper が優位に増加したが、外湾切削量はWaveOne Sが優位に増加した。往復および回転運動による切削を同一形状のファイルで解析した本結果は、往復運動が内湾側形成量を減少させ、外湾形成量を増加させる傾向のあることを示している。また、往復運動で使用するWaveOneと

ProTaper の切削過程を比較すると、グライドパス付与の有無が影響している可能性が示唆される。すなわち、WaveOneによる根管形成では往復運動効果により、Glide Path付与なしでも根管形成が可能との報告¹⁵⁾があり、本研究においてもWaveOne Sファイル単一で根管形成を終了した。一方、ProTaper の根管形成は最初に使用するSXファイルが根管上部にフレアー形成を行うことから、十分なGlide Pathが付与された状態でProTaper F1ファイルの使用が行われている。日向らはReciproc ファイルの切削特性をGlide Path付与の有無で解析した結果、Glide Pathの有無は最終根管形成形態に影響しなかったことを報告¹⁵⁾し、Yardの研究結果¹²⁾を支持した。本研究ではWaveOne、Reciproc ファイルともにGlide Pathを付与せずに根管形成を迅速に行うことが可能であったが、Glide Pathの付与はファイルに対する応力を低下させ、破折リスクを減少させること、また湾曲根管における根管変位を抑制するとの報告¹⁸⁾から、WaveOne、Reciproc ファイルの臨床使用においてはGlide Pathの付与が望ましいと考えられる。

以上の研究結果を総合すると、往復運動での切削は同一回転の切削と比較して、根管湾曲部の内湾部形成量を減少し、外湾部形成量を増加することが示された。これらの往復運動による湾曲根管の切削特性は、湾曲根管の内湾部が凹状形態である解剖学形態を考慮すると、湾曲根管内湾部穿孔を抑制するのに極めて有効と考えられる。

根管形成所要時間は、いずれの往復運動によるシングルNi-Tiファイル（WaveOne P & SとReciproc）も根管形成時間は短縮され1分以内の根管形成が可能であった。ReciprocとWaveOne Sの根管形成時間はWaveOne Pと比較して有意に減少してい

た。ReciprocとWaveOneの根管壁象牙質切削は極めて効率的で、特にReciprocは切削片が根管上部に排出されやすく、根管内での削片残留が少ないことが根管形成所要時間の短縮に影響したと考えられる。一方、WaveOneは同じファイル形状であるが、WaveOne Sの根尖孔径とテーパーがWaveOne Pより小さいことによる根管形成時のファイル抵抗の減少が根管形成所要時間の短縮に影響したと考えられた。本研究の根管形成所要時間には、ファイル交換時間、ロータリーエンジンプログラム変更時間、および根管洗浄所要時間は除外されているが、シングルファイル（WaveOne、Reciproc）の臨床使用においては、ファイル交換、およびプログラム変更時間がないために極めて迅速な根管形成が可能と考えられる。

結 論

往復運動によるシングルNi-Tiロータリーファイル（WaveOne,とReciproc）の根管形成切削特性と根管形成所要時間をProTaperと比較検討した結果、往復運動による根管壁切削は回転切削と比較して、根湾曲部の内湾部形成量を減少し外湾部形成量を増加した。根管形成後の根管壁切削量は内湾部でReciprocが増加し、外湾部でWaveOne S、WaveOne P、Reciproc R25、およびProTaperに有意差のないことが示された。Wave One とReciprocの根管形成所要時間はProTaperより短縮され、1分以内の根管形成が可能であった。往復運動によるシングルNi-Tiロータリーファイルの根管切削は、迅速で適切な根管形成を可能にすることが示された。

文 献

- 1) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod 1988; 14: 346-51.
- 2) Kazemi RB, Stenman E, Spångberg LS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium H-type instruments of identical design: torsional and bending tests. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 90: 500-6.
- 3) Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 91: 715-8.
- 4) Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J 2000; 36: 199-207.
- 5) Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. J Endod 2008; 34: 1406-9.
- 6) Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. J Endod 2009; 35: 401-3.
- 7) Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. J Endod 2012; 38: 541-4.
- 8) Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and

WaveOne reciprocating instruments. Int Endod J 2012; 45: 614-8.

9) Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT, Kawakami DA.. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. J Endod 2012; 38: 684-7.

10) Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files. J Endod 2011; 37: 1687-90.

11) Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. Int Endod J 2008; 41: 339-44.

12) Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. J Endod 2012; 38: 541-4.

13) Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr.. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. J Endod 1985; 11: 203-11

14) 富田文仁、早川達也、齋藤健、興地隆史. ニッケルチタンファイルMtwoの湾曲根管に対する切削特性. 日歯保存誌2008; 51: 550-556.

15) 日向剛、重谷佳見、吉羽邦彦、興地隆史. ニッケルチタンファイReciproc の湾曲根管切削特性. 日歯保存誌2012; 55: 381-388.

16) 三橋晃、石井信之、寺中敏夫. プロテーパーによる湾曲根管形成修得の教育効果. 日歯保存誌 2006; 49: 297-302.

17) Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning

effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth:

Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J* 2012; 45: 449-61.

18) Cassim I, Van der Vyver PJ. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. *SADJ* 2013; 68(7): 324-7

Evaluation of Single Ni-Ti rotary file on the canal shaping

Department of Pulp Biology and Endodontics, Kanagawa Dental University

MUTO Noriko, KAWASHIMA Eriko, SHIMOJIMA Kaori, TANI-ISHII Nobuyuki

Department of Pulp Biology and Endodontics,

Kanagawa Dental University

82 Inaoka, Yokosuka, 238-8580, Japan

Corresponding author: Dr. Muto Noriko

Department of Pulp Biology and Endodontics, Kanagawa Dental University,

82 Inaoka, Yokosuka, 238-8580, Japan

TEL: +81-46-822-9527, FAX: +81-46-822-8856,

E-mail: mutou @kdu,.ac.jp

Abstract

Purpose: WaveOne and Reciproc nickel-titanium (Ni-Ti) systems are designed specifically to prepared the root canal to adequate size and taper with only one file under reciprocating motion. This study evaluated the shaping ability of WaveOne, Reciproc in comparison with ProTaper, with regard to the working time and post-preparation canal in simulated curved canals.

Methods: Sixty simulated resin block canals with angle of curvature ranging 30° were divided according to the Ni-Ti rotary system used in canal preparation into 4 groups of 15 sample each, WaveOne Small, WaveOne Primary, Reciproc R25, and ProTaper group. The preparation working time was recorded, and all canals were scanned by using Olympus SZX16 and digital camera DP71 system before and after instrumentation to evaluate canal transportation at 1, 2, 3, and 5 mm from apex. The significance level was set at $P < 0.05$.

Results: The working time taken for WaveOne, Reciproc were significantly shorter than that in ProTaper. WaveOne Small exhibited significantly lower mean of inside canal transportation than outside. There was no significant difference between all experimental groups in outside canal transportation ($P > 0.05$).

Conclusions: WaveOne and Reciproc Ni-Ti system can be safely and quickly used to the full working length, resulting in satisfactory preservation of the original canal shape.

Key words: Ni-Ti file, canal transportation, reciprocating motion, WaveOne, Reciproc

図1 Ni-Tiファイルの内湾側根管幅径変位量(mm)

Figure1. Mean total enlargement at inner sides of the Ni-Ti file system.

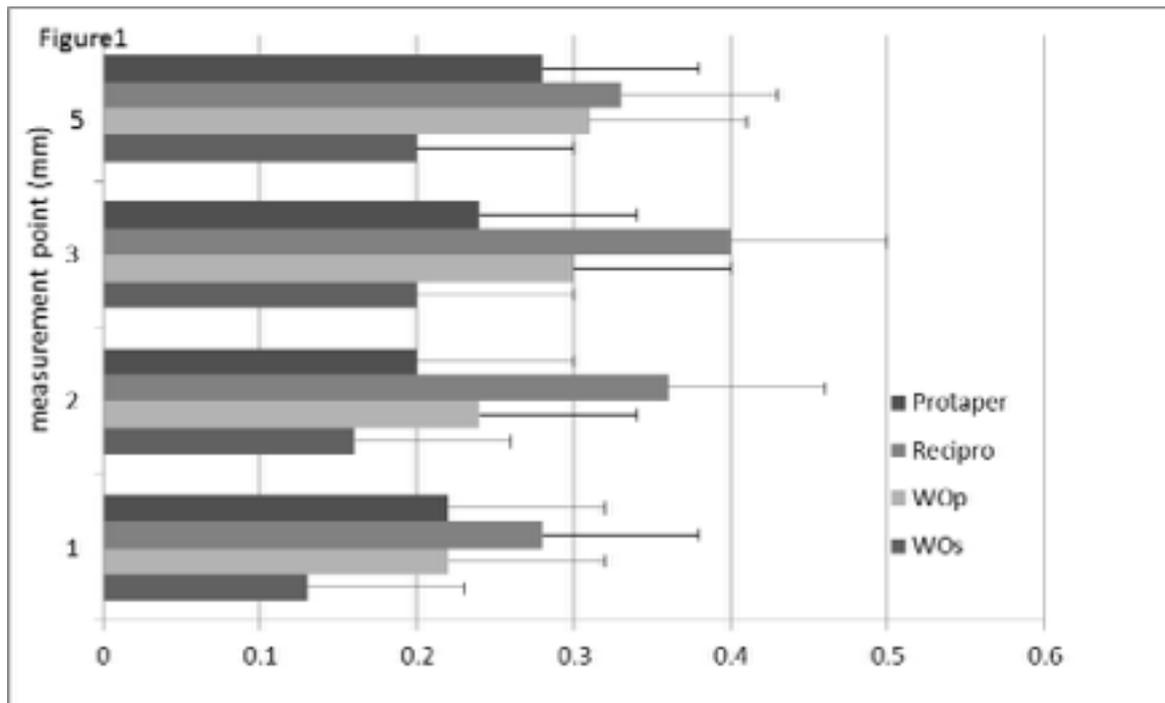


図2 Ni-Tiファイルの外湾側根管幅径変位量(mm)

Figure2. Mean total enlargement at outer sides of the Ni-Ti file system.

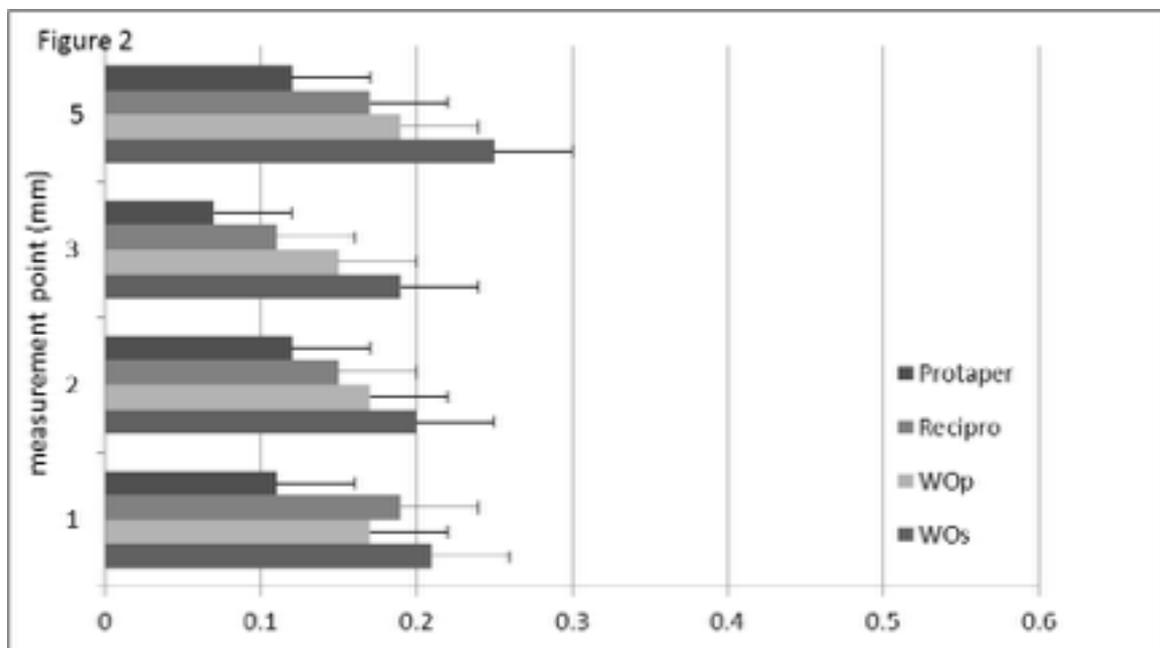


Table 1. Mean values and Standard Deviation of total working time on each Ni-Ti file.

| Ni-Ti File | Total Working Time (mean + SD) |
|-----------------|--------------------------------|
| WaveOne Small | 21.6±1.8 |
| WaveOne Primary | 34.4±1.4 |
| Reciproc | 21.9±2.1 |
| ProTaper | 131.8±4.2* |

*Significant difference between ProTaper and the other group.