

Ni-Ti ロータリーファイルによる歯根破折発生防止に関する研究

—シングルファイルシステム根管形成時の象牙質亀裂解析—

青柳佳伸 武藤徳子 石井信之

神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科 歯髄生物学講座

抄録

目的：本研究は Ni-Ti ロータリーファイルによる根管形成で発生するマイクロクラックについて、往復運動切削によるシングルファイル (WaveOne, Reciproc) と回転切削するマルチファイル (ProTaper) を比較検討することを目的とした。

材料と方法：本研究は 2 根管 2 根尖孔形態の上顎小白歯を選択し使用した。実験は 4 群 (未形成群, ProTaper 群, WaveOne 群, Reciproc 群) に分類し, 各群 10 歯 20 根管を供試した。歯根破折の観察は根尖孔から 1, 3, 5 mm を水平切断し横断面を顕微鏡で観察した。観察された歯根破折は統計処理を行い, 危険率 5% で有意差検定を行った。

結果：未形成根管は歯根破折の発生は認められなかった。Ni-Ti ロータリーファイルはシングルファイル (WaveOne, Reciproc) 群, およびマルチファイル (ProTaper) 群による発生頻度に有意差は認められなかった。しかしながら, 破折線の総数は根尖側 3 mm と 5 mm の位置が根尖側 1 mm の位置よりも増加していた。

結論：本研究において, Ni-Ti ロータリーファイルによる根管形成時の歯根破折は, 往復運動による切削および回転切削のファイルシステムによる有意差は認められなかったが, いずれのシステムにおいても根尖から 1~5 mm に歯根破折が認められた。

キーワード：歯根破折, Ni-Ti ファイル, マイクロクラック

責任著者連絡先：石井信之

〒 238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82 神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科歯髄生物学講座

TEL : 046-822-9527, FAX : 046-822-8856, E-mail : n.ishii@kdu.ac.jp

受付：平成 26 年 5 月 15 日/受理：平成 26 年 6 月 18 日

DOI : 10.11471/shikahozon.57.352

緒言

歯根破折歯に対する保存治療は困難で、特に垂直性歯根破折歯の大多数は抜歯にいたるために、歯根破折の防止と早期診断は臨床においてきわめて重要である。歯根破折の原因は、加齢、ブラキシズムを含む咬合関係、支台築造、修復物および補綴物などの関与が示されているが、歯内療法も要因として指摘されている¹⁻⁴⁾。

垂直性歯根破折は、歯内療法の有無が関連していることが明らかで、Seoら⁵⁾は垂直性歯根破折歯の79%は歯内療法処置歯であったことを報告している。また、口腔内で3年以上機能した歯内療法処置歯の3.7%⁶⁾、抜歯にいたった歯内療法処置歯の11.0%⁷⁾に垂直性歯根破折が認められたと報告された。Cohenら⁸⁾も垂直性歯根破折227歯を解析した結果、歯根破折は40歳以上の上顎小白歯・大白歯の失活歯に多数発現していることが報告され、歯髄保存の重要性が指摘された。

歯内療法と歯根破折については、髄腔開拓時、根管形成時の切削時応力に関与していることが示唆され、特に根管形成中に使用するファイルの操作方法やファイルの材質が問題とされている。根管形成時に発生する象牙質亀裂(以後、マイクロクラック)は手用ファイルにおいても認められるが、ファイルテーパーが大きく切削時のトルク設定が高いNi-Tiロータリーファイルによる根管形成時に、マイクロクラック発生が多数報告されている⁹⁻¹³⁾。根管形成時に発生するマイクロクラックは、根管内の長期貼薬剤投与や根管充填時の過剰垂直充填圧とともに垂直性歯根破折の要因と考えられている。さらに、垂直性歯根破折は臨床的に診断が困難であると同時に、保存治療が困難で抜歯にいたる症例が多いことから、破折原因と考えられる根管形成中のマイクロクラック発生の解析と、マイクロクラック発生を未然に防止することが重要である。しかしながら、現在までに根管形成器具の材質(ステンレススチール、Ni-Ti)や根管形成方法(手用切削、エンジン駆動切削)の相違とマイクロクラック発生率との相関関係は明らかにされていない。さらに、Ni-Tiファイルが弾力性向上やシステム簡易化などの改良を重ねているが、これらのNi-Tiファイル間でのマイクロクラックとの相関性に対する明確な結論は得られていない。

本研究は、シングルNi-Tiファイルによる根管形成時のマイクロクラック発生メカニズムを解析することによって、Ni-Tiロータリーファイルのマイクロクラック発生防止法を確立することを目的とした。

材料および方法

1. 被験歯

本学附属病院で抜去された歯を37°C精製水中に保存し、健全な歯根および根尖を有するヒト上顎小白歯を実験に使用した。抜去歯はデジタル顕微鏡(VH-8000, キーエンス)を用いて25倍で観察し、歯根部に亀裂のないことを確認して選択した。さらに、上顎小白歯はエックス線写真で2根管2根尖孔を有する歯のみを選択し、歯冠部を注水下にて歯根長が13mmになるようにダイヤモンドディスクで切断し、合計40歯80根管(頰側根40本、口蓋根40本)を供試した。根管形成は4グループ(未形成群, ProTaper群, WaveOne群, Reciproc群)に分類し、各実験群に10歯20根管(頰側根10本、口蓋根10本)を供試した。本研究は、神奈川歯科大学大学院倫理委員会の承認の下(平成23年2月17日、承認番号H22-E37)で実施した。

2. 根管形成方法

実験には、WaveOne Primary 25/08(1群: Dentsply Maillfer, Switzerland), Reciproc R25 25/08(2群: VDW, Germany), およびProTaper SX, S1, S2, F1, F2 25/08(3群: Dentsply Maillfer)を用い、未形成根管(4群)を対照として実験に使用した。すべてのNi-Tiロータリーファイルは、専用エンドモーターであるX Smart plus(Dentsply Maillfer)を使用して根管形成を行った。上顎小白歯頰側および口蓋根は4群(各群n=20)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を確認後、作業長を12mmに設定し根管形成を開始した。

根管形成はいずれの群も#15Kファイルで根尖孔を穿通後、2%NaOCl溶液で洗浄、およびNi-Tiロータリーファイルにゲル状EDTA Glide(Dentsply Maillfer)を1ml付着させ、X Smart plusを使用して同一の術者(Ni-Tiファイル使用経験年数5年以上)が根管形成を行った。根管形成は以下の術式で同一の術者が行い、ファイルの交換は5根管形成終了時に行った。

1) 1群: WaveOne 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)1本を使用して、X Smart plusのWaveOne Pモードで往復運動(左150度、右30度)根管形成を行い、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させて根管形成を終了した。根管洗浄は2%NaOCl溶液を使用し、1サイクル終了時に2ml、合計6mlを使用した。

2) 2群: Reciproc 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-

Table 1 Number of cracks tooth in the different cross section slices (n=60) and percentage

Group	Number of teeth with cracks observed at different distance from apex			
	1 mm (n=20)	3 mm (n=20)	5 mm (n=20)	Total (n=60)
Control	0/0%	0/0%	0/0%	0/0%
ProTaper	1/5%	2/10%	3/15%	6/10%
WaveOne	1/5%	2/10%	2/10%	5/8.3%
Reciproc	2/10%	2/10%	2/10%	6/10%
Total crack tooth of experimental grope (n=60)				
	4/6.6%	6/10%	7/11.7%	

パー0.08)1本を使用して、X Smart plusのReciproc R25モードで往復運動(左150度, 右30度)根管形成を行い, 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させて根管形成を終了した。根管洗浄は2%NaOCl溶液を使用し, 1サイクル終了時に2ml, 合計6mlを使用した。

3) 3群: ProTaper 根管形成術式

SX, S1, S2, F1, F2(最終F2ファイル先端直径#25/テーパー0.08)ファイル5本を, X Smart plusのProTaperモード(SX, S1, S2, F1:250rpm, 1.0~3.0Ncm)設定で使用し, ファイル交換時に2%NaOCl溶液2ml, 合計10mlを使用して根管洗浄を行い, 5本目のF2ファイルを作業長まで到達させて根管形成を終了した。

4) 4群: 未形成根管群

未形成根管群を実験対照群とした。

3. マイクロクラックの観察

マイクロクラックの観察には, 根尖孔から1, 3, 5mmをIsomet(Buehler, USA)で切断し, 横断面をデジタル顕微鏡(VH-8000, キーエンス)の40倍で観察した。2名1組で切断面を観察し, 根管内面からのマイクロクラックを各群20根管60横断面で測定した。

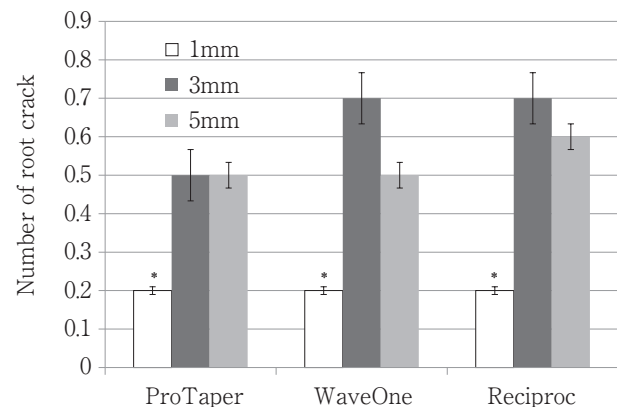
4. 統計処理

マイクロクラックの発生数は, 一元配置分散分析およびKruskal-Wallis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

Ni-Tiロータリーファイルによる根管形成は, ProTaper群, WaveOne群およびReciproc群すべてにマイクロクラックの発生が認められた(Table 1)が, 未形成根管にマイクロクラックは認められなかった。また, すべての実験群を通じて完全破折症例は認められなかった。

マイクロクラック発生頻度は, ProTaper群10%, WaveOne群8.3%およびReciproc群10%を示し, ファイルシステムによる有意差は認められなかった。根尖側1mmの位置に発生したマイクロクラックは, ProTaper

**Fig. 1** The average of root crack on canal (n=20)

群5%, WaveOne群5%およびReciproc群10%, 根尖側3mmは各実験群すべてにおいて10%, 根尖側5mmはProTaper群15%, WaveOne群とReciproc群は10%を示した。ファイルシステムによるマイクロクラック発生頻度には有意差は認められなかった。

さらに, 観察断面に発生した破折線本数を測定した結果(Fig. 1, 2), いずれの実験群も根尖側1mm(0.2本)は破折線本数が少ないが, 根尖側3mm(0.5~0.7本)および5mm(0.5~0.6本)では発生本数が有意に増加した。

考 察

Ni-Tiロータリーファイルは正確で迅速な根管形成を可能にすることによって, 歯内療法の結果向上に貢献してきた。Ni-Tiロータリーファイルは現在も改良されているが, 2007年に開発されたM-Wireによって, ファイル破折抵抗性が向上しトルクコントロールエンジンとの併用により, 従来よりもファイル破折を防止することが容易になりつつある⁹⁻¹¹⁾。また, 2010年に欧米で発表されたWave OneとReciprocは, M-Wireと往復運動機能エンジンの開発によってヒトの手の動きを再現することで, 1本のファイルで正確・迅速な根管形成を可能にした。しかしながら, 2009年以降にShemeshら^{12,13)}, Bier

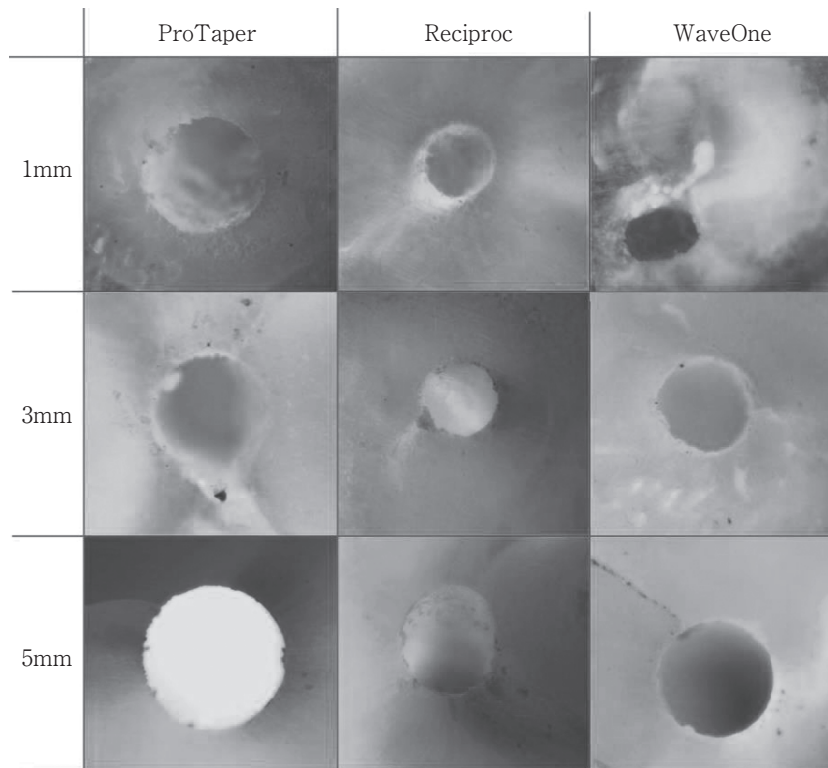


Fig. 2 The root cracks after canal preparation on horizontal sections by Ni-Ti file systems

ら¹⁴⁾, Adorno ら¹⁵⁾, Yolda ら¹⁶⁾によって Ni-Ti ロータリーファイルによる根管形成時のマイクロクラックの発生が報告され、ファイル切削時のトルクとマイクロクラック発生に相関性が示唆されている。各 Ni-Ti ファイルのマイクロクラック発生率はいずれも高く、ProTaper 16~30%^{12-14,16)}, ProFile 8~33%¹⁴⁾, K3 66%¹⁵⁾, EndoWave 66%¹⁵⁾, Hero-Shaper 60%¹⁵⁾などが報告されている。しかしながら、実験条件はいずれの報告も異なり、さらに実験対象歯も統一されていないことから、すべての報告を同一基準で比較することは困難である。

さらに、従来の手用ステンレスファイルによる根管形成時にも根尖部にマイクロクラックが発生し、その発生頻度は Ni-Ti ロータリーファイルの根管形成よりも高いことが報告¹²⁾されていることから、ファイル材質や根管形成法の相違がマイクロクラック発生と相関関係にあるか否かは不明である。根管形成時に発生するマイクロクラックの発生メカニズムを解析することは、歯根破折の防止に重要と考えられる。

本研究では、シングル Ni-Ti ファイル WaveOne, Reciproc による根管形成とマルチファイルシステム ProTaper による根管形成によって生じるマイクロクラック発生頻度を解析した結果、両者のファイルシステム間に有意差のないことが示された。Liu ら¹⁷⁾はシングルファ

イルシステム Reciproc#25 のマイクロクラック発生率が ProTaper#25 より低いことを報告したが、Bürklein ら¹⁸⁾は、WaveOne#40 と Reciproc#40 のマイクロクラック発生率が、ProTaper#40 より逆に高いことを報告し、Ni-Ti シングルと Ni-Ti マルチシステムのマイクロクラック発生については全く逆の結果であった。Liu ら¹⁷⁾と Bürklein ら¹⁸⁾による実験結果の相違は、対象歯が下顎切歯で同一であるにもかかわらず、選択した使用ファイルの根管直径が異なるために生じたと推察される。すなわち、Liu ら¹⁷⁾は下顎切歯に #15 K ファイルでガイドパスを作成後に #25 の Reciproc を使用しているが、Bürklein ら¹⁸⁾は下顎切歯に #15 K ファイルで穿通し、#20 K ファイルでガイドパスを作成後に #40 の WaveOne と Reciproc を使用し、同時に ProTaper は F1 (#20), F2 (#25), F3 (#30), F4 (#40) までのファイルを順次使用した。Liu ら¹⁷⁾は根尖直径に対して適切なファイル選択を行ったが、Bürklein ら¹⁸⁾は細い下顎切歯の根尖孔にいきなり太い (#40) WaveOne と Reciproc を使用したためにクラック発生頻度が顕著に増加したと考えられ、両者の実験結果を比較することは困難である。しかしながら、適切なファイル選択を行った Liu ら¹⁷⁾の実験結果は往復運動によるファイル切削が、正回転のファイル切削よりも根管象牙質に対して応力を軽減

し、破折を減少させたことを示唆した。

本研究において、Ni-Ti シングルと Ni-Ti マルチシステムのマイクロクラック発生率に有意差が認められず、マイクロクラック発生率もいずれも 20% 以下で従来の報告よりも低かった結果は、Ni-Ti ファイル使用前に適切なグライドパスとファイル選択、さらに根管形成時の十分な根管洗浄を行ったことが、マイクロクラック発生減少に重要であることを示した。一方、マイクロクラック本数と発生位置を測定した結果では、すべての Ni-Ti ファイルに根尖孔から 3, 5 mm の位置に発生したマイクロクラックが 1 mm の位置よりも増加していた理由として、根尖側 1/3 は解剖学的に遠心側への湾曲が認められることから、湾曲開始部位での応力増加に起因することが示唆された。シングルファイル WaveOne と Reciproc は、M-Wire による金属疲労の改良とファイルの往復運動によって根管象牙質に対する応力低下が示唆された。

結 論

シングル Ni-Ti ファイル WaveOne と Reciproc の根管形成時におけるマイクロクラック発生頻度をマルチ Ni-Ti ファイル ProTaper と比較検討した結果、マイクロクラック発生頻度に有意差はなかった。各切断面に発生した破折線本数は、いずれの Ni-Ti ファイルも根尖孔から 3~5 mm で増加することが認められた。

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B) (課題番号 22390358, 25293378) の助成によって行われた。

文 献

- Ivancik J, Majd H, Bajaj D, Romberg E, Arola D. Contributions of aging to the fatigue crack growth resistance of human dentin. *Acta Biomater* 2012; 8: 2737-2746.
- Arola D, Reppel RK. Effects of aging on the mechanical behavior of human dentin. *Biomaterial* 2005; 26: 4051-4061.
- Nalla RK, Imbeni V, Kinney JH, Staninec M, Marshall SJ, Ritchie RO. In vitro fatigue behavior of human dentin with implications for life prediction. *J Biomed Mater Res A* 2003; 66: 10-20.
- Morgano SM, Rodrigues AH, Sabrosa CE. Restoration of endodontically treated teeth. *Dent Clin North Am* 2004; 48: 397-416.
- Seo DG, Yi YA, Shin SJ, Park JW. Analysis of factors associated with cracked teeth. *J Endod* 2012; 38: 288-292.
- Morfis AS. Vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 69: 631-635.
- Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J* 1999; 2: 283-286.
- Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod* 2006; 32: 1160-1163.
- You SY, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod* 2010; 36: 1991-1994.
- Park SY, Cheung GS, Yum J, Hur B, Park JK, Kim HC. Dynamic torsional resistance of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2010; 36: 1200-1204.
- Yum J, Cheung GS, Park JK, Hur B, Kim HC. Torsional strength and toughness of nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2011; 37: 382-386.
- Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J* 2009; 42: 208-213.
- Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011; 37: 63-66.
- Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009; 35: 236-238.
- Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *J Endod* 2011; 37: 522-525.
- Yolda O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012; 8: 232-235.
- Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013; 39: 1054-1056.
- Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod* 2013; 39: 501-504.

Dentinal Micro-crack Formation during Root Canal Preparation by Ni-Ti Rotary File

—Analysis of Root-crack by Single Ni-Ti Rotary File—

AOYAGI Kashin, MUTO Noriko and TANI-ISHII Nobuyuki

Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

Abstract

Purpose: The aim of this study was to compare the incidence of root cracks observed at the apex in the canal wall after canal instrumentation with two single reciprocating files (WaveOne and Reciproc), and a multiple rotary file (ProTaper).

Methods: Forty maxillary premolars with two independent canals were selected. The teeth were divided into four groups (n=20) of 10 teeth with 20 canals according to the Ni-Ti rotary file type used: WaveOne (Dentsply Maillefer, Switzerland), Reciproc (VDW, Germany), and ProTaper (Dentsply Maillefer), and then instrumented with Glide (Dentsply Maillefer). The apical root surface and horizontal sections 1, 3, 5 mm from the apex were observed under a microscope. The presence of cracks was counted and the significance level was set at 0.05.

Results: No cracks were found in the control. Root canal cracks were found in both the single reciprocating file (WaveOne and Reciproc) and multiple file (ProTaper) groups, but no significant difference was found in the total value of all cross sections ($p>0.05$). On the other hand, the number of root crack lines on the 1-mm cross section was significantly less than in the 3- and 5-mm sections in all experimental groups.

Conclusions: Root canal preparation with both reciprocating and rotary file instruments resulted in root cracks at 1-5 mm from the apex, although there was no significant difference between the file systems.

Key words: root fracture, Ni-Ti file, micro-crack