

Self-Adjusting File と EDTA 溶液による根管形成能の評価

平嶺倫子^{1,2} 鈴木二郎^{1,2} 藤巻龍治² 岡田周策³ 石井信之²

¹: Equal contribution

² 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 歯髓生物学講座

³ 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 う蝕制御修復学講座

責任著者連絡先：鈴木二郎

神奈川歯科大学大学院歯学研究科 歯髓生物学講座

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82

TEL:046-822-8856, FAX:046-822-8856, E-mail:j.suzuki@kdu.ac.jp

Self-adjusting file と EDTA 溶液による根管形成能の評価

抄 録

目的：本研究は，上下振動運動により駆動し，根管形成と同時に根管洗浄を行う Self-adjusting file (SAF) システムに，組織刺激性が少ない弱アルカリ性 EDTA 溶液を根管洗浄液として使用し，効果的な根管形成法を検討することを目的とした。

材料および方法： ヒト単根抜去歯 30 歯を 6 群（各群 n=5）に分類し，歯冠切除後，K-file を用いて #15 にて穿通，被験歯の作業長決定後 #20 までガイドパスを確認後，SAF システム 3.000 振動/分または 5.000 振動/分，根管洗浄液に 3% 次亜塩素酸ナトリウム溶液，弱アルカリ性 3% EDTA 溶液，対照として精製水を用いた根管形成を行い，脱灰象牙質の状態をナノインデンテーション法にて測定，さらに根尖部の根管象牙質スマヤー層除去効果を走査型電子顕微鏡により評価した。

成績：脱灰象牙質の押し込み硬さ (HIT)，マルテンス硬さ (HM) および押し込み弾性率 (EIT) の各項目については，各群間に統計学的有意差を認めなかった。また，SAF システムは 3.000 振動/分にて 5.000 振動/分と同様に EDTA 溶液群で，次亜塩素酸ナトリウム溶液群および対照群よりも有意な根管象牙質スマヤー層除去効果を認めた。

結論：SAF システムと EDTA 溶液の組合せは，根管象牙質脱灰作用において対照群と有意差を認めなかった。また 3.000 振動/分または 5.000 振動/分いずれにおいても根管清掃が困難な根尖部根管の象牙質スマヤー層除去効果を有する

ことが示された.

キーワード : SAF, EDTA, ナノインデンテーション

緒 言

歯内療法における根管形成と根管洗浄は、根管感染源除去に不可欠であり、その成否により治療予後に影響を及ぼすことが明らかである。根管形成にはステンレススチール製ファイルが使用されているが、湾曲根管や効率的な根管形成のために Ni-Ti ファイルが有用である。1988 年に H. Walia らは¹⁾、ハンド K ファイルに Ni-Ti 合金を応用し根管形成に有用であることを報告後、Ni-Ti ファイルは根管形成を大きく変化させてきた。

近年 Ni-Ti ロータリーファイルは、ファイル形状や熱処理工程の改良により、超弾性と破折抵抗性が向上している²⁾。一方、ロータリーファイルとは全く異なる形状の Self-adjusting file (SAF) システムは、圧縮可能な格子状 Ni-Ti ファイルで、0.4mm 幅の上下振幅運動によって根管形成とファイル内部からの注水による根管洗浄を同時に行なうことを特徴としている。現在までに多種多様な Ni-Ti ファイルシステムが開発され、Ni-Ti ロータリーファイルの切削による根管形成能の報告では、根管口部および根中央部に比較し根尖部での機械的清掃性が劣ることが報告されている³⁻⁷⁾。一方、SAF は Ni-Ti 格子で構成された円筒形の中空シリンダー形状のため、不規則な根管形状に圧縮状態で根尖孔まで挿入できるため、根管形態に即した根管形成と根管洗浄が可能とされている⁸⁻¹⁰⁾。根管形成後の根管壁象牙質表面は、切削屑スミヤーが根管壁に付着して形成されるスミヤー層と象牙細管に詰まったスミヤープラグからなり、無機質の象牙質削片と有機質の象牙芽細胞突起、歯髓組織、細菌の残遺物等が含まれ、根管

洗浄液の象牙細管への浸透を阻害するとともに、根管充填材の封鎖性を低下させると考えられている¹¹⁾。スミヤー層除去には、残留する細菌が感染源になる可能性が高く、根管消毒剤の浸透性や封鎖性を阻害する可能性があり¹²⁾、EDTAが有用であることが報告されている^{12,14)}。しかし、根管拡大補助剤である15% EDTA 溶液を根管洗浄剤として用いると、スミヤー層の除去に留まらず過剰な脱灰が起こることも報告され¹⁵⁾、この過剰脱灰は、キレート反応が低下する低濃度 EDTA 溶液を用いることにより防止できると考えられる。しかし EDTA 溶液は脱灰とともに pH が低下する Self-limiting 効果によりキレート作用が抑制されるため^{16,17)}、pH をアルカリ側に調整した低濃度（3%）EDTA 溶液が、15% EDTA 溶液とほぼ同等のスミヤー層除去効果を有することや¹²⁾、ハイドロキシアパタイトに結合した有機質成分を溶出する作用が確認されている¹⁸⁾。また、SAF の連続使用耐久性は 29.1 ± 1.2 分と報告され¹⁹⁾、振動数の減弱は周期疲労軽減に有効と思われる。

以上の観点から、本研究では SAF システムを用いて振動数と根管洗浄液の違いが根管象牙質のスミヤー層除去効果に与える影響を、走査型電子顕微鏡 (SEM) 解析により評価し、さらに脱灰象牙質の形成程度をナノインデンテーション法にて測定、より効果的な根管形成法の検討を行うことを目的とした。

材料および方法

1. 被験歯

実験には、抜歯後ただちに生理食塩水中に浸漬し、冷暗所に保管した健全な歯根および根尖を有するヒト単根抜去小臼歯 30 本を供試した。抜去歯は、歯根長を 16mm に設定しダイヤモンドディスクで歯冠を切除後、6 群に分類し、各実験群 5 歯を供試した。なお本研究は、神奈川歯科大学研究倫理審査委員会承認の下（平成 27 年 8 月 21 日 承認番号 326）実施した。

2. 根管形成および根管洗浄方法

被験歯を#15 K-file(マニー)にて根尖孔を穿通後、作業長を決定し#20 K-file を使用してガイドパス確立後、被験歯をシリコンパテに植立した。被験歯を 6 群に分け SAF（幅 1.5mm, ファイル長 21mm）システム（Fig.1 長田電機工業）を 3.000 または 5.000 振動/分(vib/min), 根管洗浄液量を 4ml/min に設定し、3%次亜塩素酸ナトリウム溶液（NaClO, ヨシダ製薬）、弱アルカリ性（pH9.5, 3%）EDTA 溶液（EDTA, LotNo. YA7 日本歯科薬品）、対照として蒸留水（DW, 健栄製薬）を用いて根管形成を、以下の 6 群に分類し実験に供試した。

1) 1 群:振動数 3.000(vib/min), NaClO

#20 のガイドパス確立後、SAF を用いて、振動数 3.000(vib/min), 液流量を 4ml/min に設定し、ファイル先端が作業長到達後から 4 分間根管形成を行なった。形成終了後、根管洗浄シリンジを用いて 1mL の DW で根管を洗浄し滅菌ペーパーポイント（Pierce）にて乾燥した。以下、振動数と根管洗浄液の設定を

変更し 6) 群まで 1) と同様の根管形成および根管洗浄を行った。

2) 2 群: 振動数 5.000 (vib/min), NaClO

3) 3 群: 振動数 3.000 (vib/min), EDTA

4) 4 群: 振動数 5.000 (vib/min), EDTA

5) 5 群: 振動数 3.000 (vib/min), DW

6) 6 群: 振動数 5.000 (vib/min), DW

3. ナノインデンテーション法による根管象牙質の脱灰度評価

脱灰度評価のため EDTA および DW の 5.000 (vib/min) 群について、歯根を垂直方向に分割後、超微小押し込み硬さ試験機 (ENT-1100a エリオニクス) により、根管象牙質の押し込み硬さ測定を行い、押し込み硬さ (HIT)、マルテンス硬さ (HM) および押し込み弾性率 (EIT) にて象牙質の評価を行った。

4. 根管壁スマヤー層除去効果の SEM 評価

脱灰度の評価後、白金蒸着を施し根尖部の根管内壁を SEM (SS-550, 島津製作所) にて、解剖学的根尖より 3mm に位置する 3 か所 (Fig. 3 7-12 矢印部) を 1.000 倍で撮影し、スマヤー層の残存度を Hülsmann の方法²⁰⁾に従い判定した (Table 1)。

Score1:スマヤー層はなく、象牙細管は開口している。

Score2:少量のスマヤー層があり、いくつかの象牙細管は開口している。

Score3:均一なスマヤー層が根管壁のほとんどを覆っており、象牙細管の開口はしていないかわずかに開口している。

Score4:完全に根管壁はスマヤー層に覆われ,象牙細管の開口はない.

Score5:完全に根管壁は多量の不均一なスマヤー層に覆われている.

5. 統計処理

ナノインデンテーション法による根管象牙質の脱灰度の統計学的解析は,
Mann-Whitney U-test, 根管壁スマヤー層除去効果 SEM 評価の統計学的解析には,
*Kruskal Wallis H-test*および *Mann-Whitney U-test with Bonferroni correction*
を用い,有意差検定にはいずれも危険率 1%未満 ($p < 0.01$) を有意差ありとした.

結 果

1. EDTA の根尖部根管脱灰象牙質の押し込み硬さ (HIT), マルテンス硬さ (HM) および押し込み弾性率 (EIT) については, 対照の DW と比較して統計学的有意差を認めなかった (Table 2).

2. 根尖部根管象牙質のスミヤー層除去効果は, EDTA 群 (3 群 : 1.2 ± 0.4 , 4 群 : 1.2 ± 0.4) は, NaClO 群 (1 群 : 2.6 ± 0.5 , 2 群 : 2.6 ± 0.5) および DW 群 (5 群 : 3.2 ± 0.4 , 6 群 : 2.8 ± 0.4) に対して, Hülsmann の方法にて統計学的有意差を認めた (Fig. 2 Table 3).

3. SAF 振動数 3.000 (vib/min) および 5.000 (vib/min) 間のスミヤー層除去効果に有意差は認められなかった (Table 3).

考 察

根管の解剖学的形態は、湾曲や狭窄、根尖部での分岐や側枝など複雑な形態を呈するため、治療器具の到達度を困難にし、完全な感染源の除去の弊害になっている。加えて多くの根管は円型ではなく、横断面で卵型であることが報告されている²¹⁾。特に下顎大臼歯槌状根や近遠心的に圧閉された上顎小臼歯、下顎前歯および下顎小臼歯等の卵円形根管において、従来の円周ファイリングでは、根管全体の61%にファイルが到達できないとも報告され²²⁾。歯内療法における根管形成と根管洗浄は、根管内に存在するさまざまな内容物や感染した根管壁を化学的・機械的に除去する操作であり、根管内細菌の除去に不可欠かつ最も有効な手段である²³⁾。しかし根管形成に際しては、切削屑スミヤーが根管壁に付着して、無機質の象牙質削片と有機質の象牙芽細胞突起、歯髄組織、細菌の残遺物等が含まれるスミヤー層と象牙細管に詰まったスミヤープラグが生成され²⁴⁻²⁶⁾、根管上部および中央部に比較し、根尖部で残留し易いことが報告され、これらの除去にはNaClOとEDTAの併用が有用であるが、2液使用による煩雑性、NaClOの組織障害性、塩素臭およびEDTAによる根管象牙質過脱灰も危惧されている。そこで今回、根管形状に合わせてファイルの形状が変化し、根管形成と根管洗浄が同時に行えるSAFシステムに、in vitroでの有機質成分溶出作用が報告されているEDTAを用いて、ヒト抜去歯の根管形成および根管洗浄を行い、微小押込み硬さ試験であるナノインデンテーション法による脱灰象牙

質の評価を行ったところ、脱灰象牙質の押し込み硬さ(HIT)、マルテンス硬さ(HM)および押し込み弾性率(EIT)について、対照のDWと比較していずれも有意差を認めなかった。今回用いたEDTAは、低濃度なため根管拡大補助材として頻用されている15%タイプに比べ脱灰力の低下が危惧されるが、pHを9.5に調整することでキレート能力が増強され、その結果良好なスミヤー層除去効果を示したと思われる。

スミヤー層除去効果をSEMにて比較したところ、メーカー推奨時間においてEDTAは、振動数3,000(vib/min)および5,000(vib/min)、4分間の根管形成・洗浄においてNaClOおよびDWと比較し、有意に良好な根管清掃性を示し、振動数3,000(vib/min)と5,000(vib/min)との間に有意差は認めなかった(Table 3)。

SAFの周期疲労試験では、5,000(vib/min)で120分の連続使用に相当する耐久性が報告されており²⁷⁾、振動数を減じることはファイル破損や損耗の予防が期待される。またSAFシステムは、ファイル内部から根管洗浄液を放出する独自の方式を採用しているため、根尖部根管において象牙質削片や歯髄組織は可及的に除去されていた(Fig.4)。通常4mi/minの洗浄液を必要とし、薬剤漏洩の観点からEDTAは、歯周組織や口腔粘膜に対する刺激はほとんどなく、15%EDTA溶液(pH7.3)と同等のスミヤー層除去能が報告されている¹²⁾。またカルシウムイオンに対するキレート作用が、根尖部に残存した水酸化カルシウム製剤除去に有効であり根尖封鎖性向上に有用と考えられ²⁸⁾、保管条件(冷蔵, 25°C, 40°C, 60°C, 日照)にて3年間EDTA含量が安定である。

一方 NaClO は、pH が高くなると OCl^- に対し HOCl が減少するので除菌効果が低下する、また pH が低下すると HOCl が増加し除菌効果は増すが、pH5 以下では有害な塩素ガスが発生したり、不均化反応により紫外線や温度上昇による分解が促進したり組織刺激性や塩素臭を有するが、組織刺激性や細胞毒性の面で低濃度での使用が好ましく、有機質溶解作用は 3% でプラトーに達するが、無機質への作用を持たないため、スミヤー層の除去を別途行う必要があり、今回行った SAF と EDTA の組合せは、振動数 3.000 (vib/min) にて根管形成と根管象牙質表層の過脱灰を生じることなく根尖部スミヤー層を可及的に除去することが可能であった。今後、NaClO と同程度の酸緩衝能を有する EDTA を用いた SAF システムによる根管形成および有機質を含む根管洗浄が可能となれば、さらに効率的で最適な根管治療が行えると考えている。

結 論

1. SAF システムに EDTA を用いて根管形成した際の根管象牙質脱灰作用は、DW と有意差を認めなかった。
2. SAF システムと EDTA の組合せは、根尖部において有意に根管象牙質スミヤー層除去効果を認めた。
3. SAF システムの振動数を減弱した 3.000 (vib/min) は、5.000 (vib/min) 象牙質スミヤー層除去効果と有意差を認めなかった。

COI 開示：本論文に関連して、開示すべき COI は下記の通りです。

講演料（長田電機工業株式会社）

文 献

- 1) Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 1988; 14: 346-351.
- 2) The gold standard in file system.
<http://www.dentsply.co.uk/uploads/files/waveonegold-epmay15.pdf> (2015年10月1日アクセス)
- 3) Candeiro GT, Matos IB, Costa CF, Fonteles CS, Vale MS. A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal with apple vinegar and sodium hypochlorite associated with EDTA. *J Appl Oral Sci* 2011; 19: 639-643.
- 4) Mancini M, Armellini E, Casaglia A, Cerroni L, Cianconi L. A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions. *J Endod* 2009; 35: 900-903.
- 5) Jodway B, Hulsmann M. A comparative study of root canal preparation with NiTi-TEE and K3 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2006; 39: 71-80.
- 6) Pirani C, Feletti G, Cretti R, Acquaviva GL, Marchionni S, Prati C. SEM evaluation of root canal dentin morphology after Ni-Ti instrumentation. *J Appl Biomater Biomech* 2009; 7: 116-122.

- 7) Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino A, Prati C. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004; 37: 832-839.
- 8) Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy-A new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod* 2010; 36: 679-690.
- 9) Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. *J Endod* 2010; 36: 691-696.
- 10) Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study. *J Endod* 2010; 36: 697-702.
- 11) 韓 臨麟, 興地隆史. セルフアドヒーシブタイプレジジン系根管用シーラーに関する研究 硬化体の表面性状、根管壁処理面、接着界面および根管封鎖性の観察. *日歯内療誌* 2009 ; 30 : 71-78.
- 12) 中島 薫, 寺田林太郎, 久保田 掄, 常川勝由. pH調整 EDTA 水溶液による根管壁スメア層の除去効果. 2001 別冊 the Quintessence エンドドンティック ス 21 世紀への展望-日本臨床歯内療法学会編- 2001 ; 別冊 : 155-158.
- 13) Grossman LI, Oliet S, Del Rio CE. *Endodontic practice*. 11th ed. Lea & Febiger: Philadelphia; 1988. 187-189.

- 14) 草野保之, 齊藤裕志, 村上直美, 鈴木哲男, 石橋真澄. 超音波洗淨を応用した根管洗淨に関する研究 第一報 SEMによる根管壁面の観察. 日誌保存誌 1986 ; 29 : 945-952.
- 15) 小川久生, 都築民幸, 中村恭政. 根管の化学的清掃拡大剤の根尖部象牙質に及ぼす影響に関する研究 ダイナミック超微小硬度計による検討. 日歯保存誌 1999 ; 42 : 102-115.
- 16) Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994; 78: 359-367.
- 17) Perez CV, Cardenas MEM, Planells US. The possible role of pH change during EDTA demineralization of teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1989; 68: 220-222.
- 18) 山口博康, 矢作保澄, 新井 高, 高木正明. EDTA水溶液の有機質除去への影響. 日歯保存誌 2010 ; 48 : A16.
- 19) Yoldas 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; 38: 232-235.
- 20) Hülsmann M. Dens invaginatus: aetiology, classification, prevalence, diagnosis, and treatment considerations. J Endod 1997; 30: 79-90.
- 21) Milanezi de Almeida M¹, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandão CG, Guimarães BM, Gomes de Moraes I,

Húngaro-Duarte MA. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. J Endod 2013; 39: 1529-1533.

22) Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. J Endod 2012; 38: 209-214.

23) 中村 洋, 須田英明, 勝海一郎, 興地隆史. 歯内療法学. 4版. 医歯薬出版: 東京; 2012. 134-135.

24) 片岡博樹, 須田英明. スメア層・根管治療における臨床的意義. The Quintessence. 1996; 15: 446-448.

25) 吉岡隆知, 片岡博樹, 須田英明. EDTAを用いた根管洗浄. 歯科評論. 1998; 669: 175~180.

26) 畠銀一郎, 戸田忠夫. 根管清掃・消毒を中心に. デンタルダイヤモンド. 1999; 24(増刊号) 330: 42~49.

27) Metzger Z. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. J Conserv Dent 2014; 17: 401-419.

28) 吉田桐枝, 後藤康浩, 河田真裕子, 前田英史, 畦森雅子, 赤峰昭文. 水酸化カルシウム製剤貼薬根管における根尖封鎖性の検討(第2報). 日歯保存誌 2007; 50(秋季特別号): 112.

Evaluation of Root Canal Preparation Ability by Self-Adjusting File and EDTA Solution

Hiramine Michiko^{1,2}, SUZUKI Jiro^{1,2}, FUJIMAKI Ryuji²,
OKADA Shusaku³, and TANI-ISHII Nobuyuki²

¹Equal contribution

²Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School
of Dentistry, Kanagawa Dental University

³Department of Cariology and Restorative Dentistry, Graduate School
of Dentistry, Kanagawa Dental University

Corresponding author: Dr. SUZUKI. Department of Pulp Biology and Endodontics,
Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University, 82 Inaoka-cho, Yokosuka,
Kanagawa 238-8580, Japan

TEL: +81-46-822-8856, FAX: +81-46-822-8856, E-mail: j.suzuki@kdu.ac.jp

Evaluation of root canal preparation ability by Self-adjusting file and EDTA solution

Abstract

[Purpose]

This research is driven by the vertical oscillatory motion, the Self-Adjusting File (SAF) system which performs at the same time root canal cleaning and root canal formation, using a tissue irritation is low-alkaline and low-concentration EDTA solution as a root canal cleaning solution, it was intended to compare the effective root canal preparation.

[Methods]

30 fresh human extracted premolar with no dental caries were used. Classification into 6 groups (n = 5), after the crown resection, glide path at # 15 K-file, after working length determination, root canal preparations #20 K-file, SAF system used 3.000 or 5.000 vibration/min (vib/min), with root cleaning solution 3% sodium hypochlorite, low-alkaline 3% EDTA solution and distilled water as a control. Measurement of root canal dentin surface decalcification by nano-indentation method was further evaluated by SEM analysis, smear layer removal effect of apical area.

[Results]

Indentation hardness of demineralized dentin (HIT), for each item of Martens hardness (HM) and the indentation modulus (EIT), it was no statistically significant difference between each group. In addition, at

the SAF system frequency 3.000(vib/min), in 5.000(vib/min) as well as EDTA solution group, it showed a significant root canal dentin smear layer removal effect than sodium hypochlorite solution and control groups.

[Conclusion]

The combination of SAF system and EDTA solution was no significant difference between the control group for the root canal dentin demineralization action. Also in any frequency 3.000(vib/min) or 5.000(vib/min) has been shown to have dentin smear layer removal effect of the root canal cleaning is difficult apical area.

Key words: SAF, EDTA, Nano indentation

付図説明

Fig.1 The SAF is the first file that does not have a solid metal shaft. The file is designed as a hollow tube, the walls of which are made from a thin nickel titanium lattice.

Fig. 2-1) SEM images of pre-operative dentine surface apical area (original magnification $\times 500$).

Fig. 2-2) SEM images of pre-operative dentine surface apical area (original magnification $\times 1.000$).

Fig. 3 SEM image of post-operative dentine surface apical area.

1, 3, 5) DW, NaClO, EDTA (3.000 vib/min, original magnification $\times 500$)

2, 4, 6) DW, NaClO, EDTA (5.000 vib/min, original magnification $\times 500$)

7, 9, 11) DW, NaClO, EDTA

(3.000 vib/min, original magnification $\times 1.000$ Triangle: Hülsmann' s score measurement position)

8, 10, 12) DW, NaClO, EDTA

(5.000 vib/min, original magnification $\times 1.000$ Triangle: Hülsmann' s score measurement position)

付表説明

Table 1 Hülsmann' s Classification

Table 2 Evaluation of demineralized dentin surface by Nano indentation method

*:Significant differences at $p < 0.01$

Table 3 Remaining degree of Smear layer of Hülsmann' s score

EDTA group 3.000(vib/min) and 5.000(vib/min), it had been significantly removed of Smear layer.

*:Significant differences at $p < 0.01$

Table 1 縮小率60%

Score 1: No smear layer, dentinal tubules open.

Score 2: Small amount of smear layer, some dentinal tubules open.

Score 3: Homogeneous smear layer covering the root canal wall, only few dentinal tubules open.

Score 4: Complete root canal wall covered by homogenous smear layer, no open dentinal tubules.

Score 5: Heavy, non-homogenous smear layer covering the complete root canal wall.

Table 2 縮小率60%

N/mm²	DW	Prototype EDTA
HIT	529.5	519.4
HM	452.4	373.4
EIT	2.8×10^4	2.0×10^4

(median n=10 P<0.01)

Table 3 縮小率60%

Sample	3000			5000 (vib/min)		
	NaClO	EDTA	DW	NaClO	EDTA	DW
1	2	1	3	3	1	3
2	3	1	3	2	2	3
3	3	1	4	2	1	3
4	2	2	3	3	1	3
5	3	1	3	3	1	2
Mean ± SD	2.6 ± 0.5	*1.2 ± 0.4	3.2 ± 0.4	2.6 ± 0.5	*1.2 ± 0.4	2.8 ± 0.4
						(n=5 $p < 0.01$)

Fig.1 縮小率50%

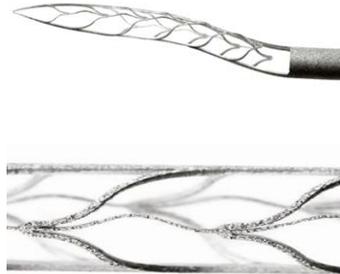


Fig.2-1) 縮小率60%

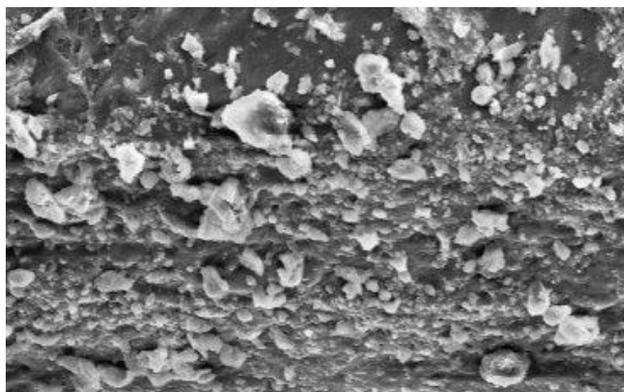


Fig.2-2) 縮小率60%

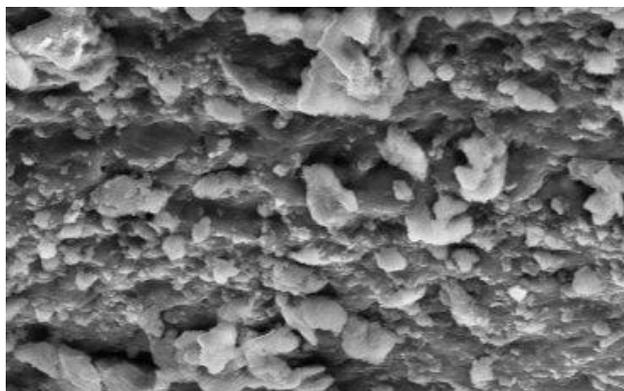


Fig.3-1) 縮小率60%

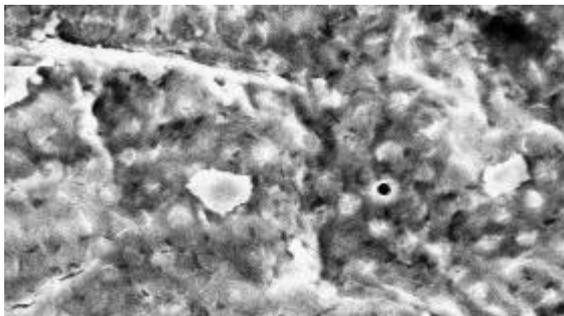


Fig.3-2) 縮小率60%

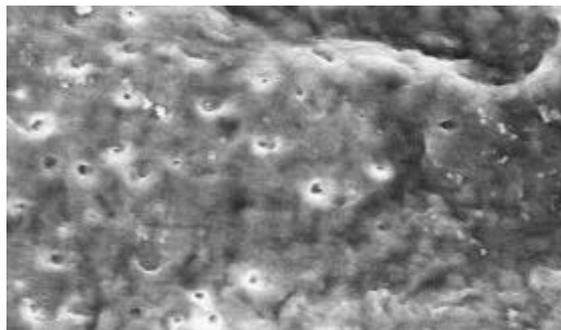


Fig.3-3) 縮小率60%

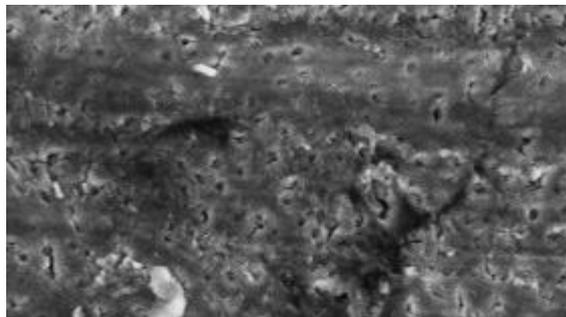


Fig.3-4) 縮小率60%

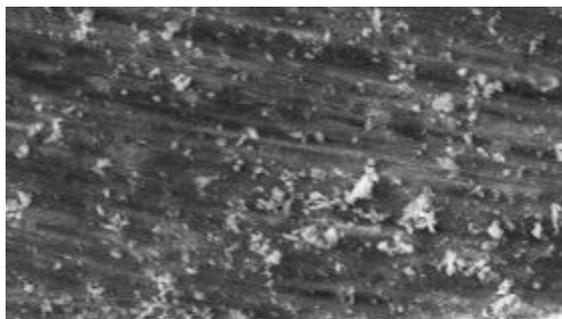


Fig.3-5) 縮小率60%

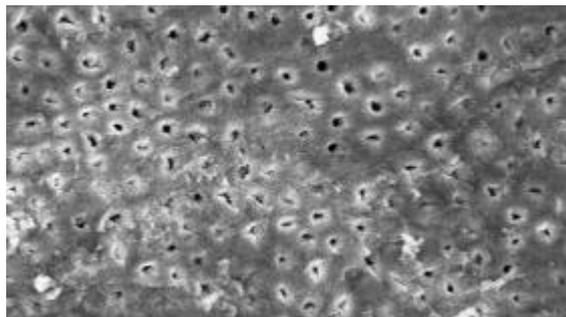


Fig.3-6) 縮小率60%

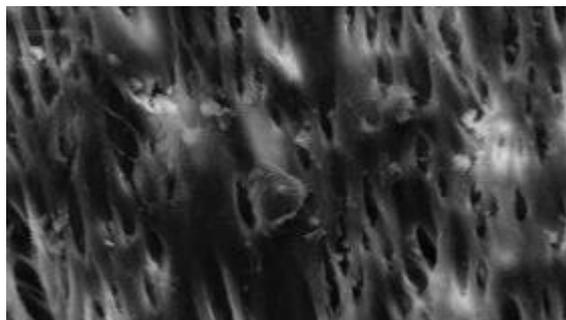


Fig.3-7) 縮小率60%

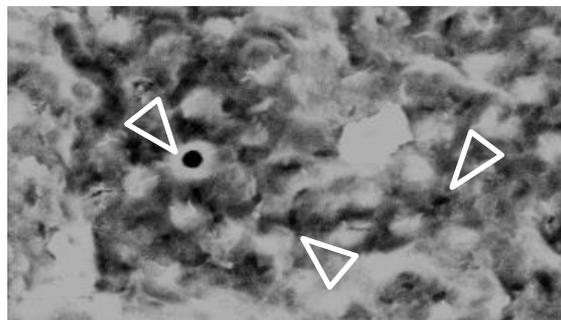


Fig.3-8) 縮小率60%

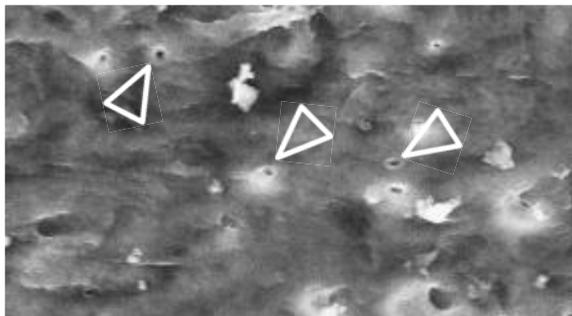


Fig.3-9) 縮小率60%

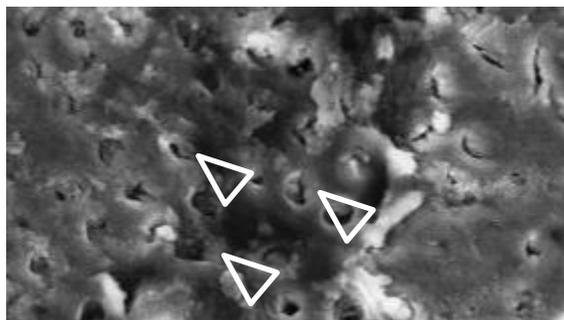


Fig.3-10) 縮小率60%

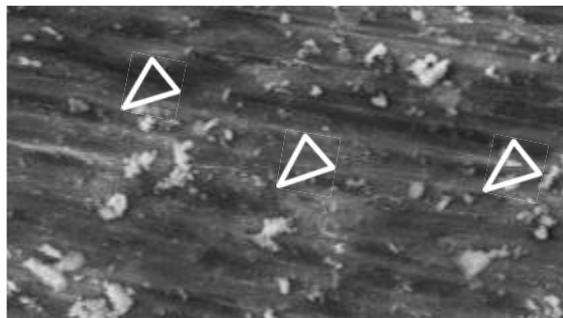


Fig.3-11) 縮小率60%

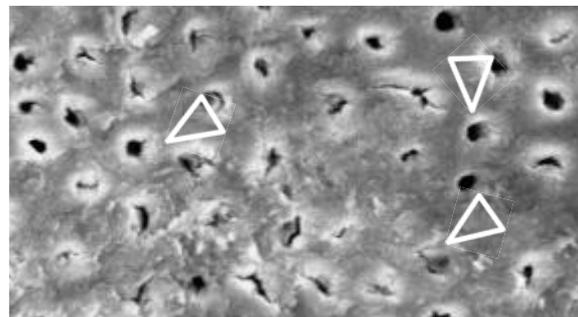


Fig.3-12) 縮小率60%

