

各種根管洗浄方法の比較・検討

－ 各種根管洗浄液との併用効果 －

矢口 剛 士

Comparison of Various Root Canal Irrigation Methods

－ Combination Effects with Some Root Canal Irrigants －

Takeshi YAGUCHI

Objective : The purpose of this study was to compare root canal irrigation effects judged the removal of debris and smear layer using a syringe, ultrasonic or laser method with distilled water (DW), sodium hypochlorite (NaOCl) and EDTA as root canal irrigants.

Materials and methods : Forty-five extracted human teeth were selected according to the criteria and used for this study. After preparing a conventional access cavity for each tooth, a #10 reamer was inserted into the root canal until the visible level reached the anatomical apical foramen, and then the working length was determined at the apical of 1 mm short of foramen. The canals were prepared using the #50 Ni-Ti rotary instruments. The teeth were randomly divided into 9 groups of 5 teeth each, and the canals were irrigated for 1 minute by syringe, ultrasonic and laser with DW, 10% NaOCl or 17% EDTA. After bisected, the residue of debris and smear layer on the specimens was observed by stereomicroscopy or scanning electron microscopy. Kruskal-Wallis rank test and Mann-Whitney U-test were used for statistical analyses, and a value of $p < 0.05$ was considered significant.

Results : For the removal of debris, ultrasonic method with all irrigants was significantly effective compared to a syringe method with DW at the area from the apical area to the root central part ($p < 0.05$). Ultrasonic method with all irrigants was significantly effective compare to a syringe method with DW or EDTA at the area from root central part to coronal side ($p < 0.05$). For the removal of smear layer, laser method with EDTA was significantly effective compare to a syringe method with DW at the central part of root. No significant differences among all irrigants were observed for the removal of smear layer at the apical and coronal side areas.

Conclusions : It was suggested that ultrasonic method with all irrigants was significantly effective at all areas for the removal of debris, and laser method with EDTA was significantly effective for the removal of smear layer.

Key words : root canal irrigation, syringe, ultrasonic, laser

受付：令和2年9月17日，受理：令和2年10月30日
奥羽大学大学院歯学研究科歯内・歯周療法学専攻
(指導：木村裕一教授)

Department of Endodontics, Ohu University, Graduate
School of Dentistry
(Director : Prof. Yuichi KIMURA)

緒 言

細菌は歯髄と根尖部の病原と成るため、歯内治療の成功は器械化学的に歯髄の壊死組織、感染した象牙質や細菌を除去できるかどうか依存している¹⁾。

根管を器械的に拡大することが重要であることはすでに報告されていて、根管内の形状や根管の太さにより根管洗浄の効果が異なるとしている²⁾。また根管内部が複雑な状態であると薬剤の効果が低下し十分な根管洗浄効果が得られなく、特に根尖部は根管が細くなっているため効果が低いと報告されている²⁾。根管形成するとデブリスとスマヤー層が生じる³⁾。スマヤー層は1970年に Eickらにより、初めて走査電子顕微鏡を使用することで報告された⁴⁾。スマヤー層の厚さは1 μ mより薄いデブリスとスマヤー層は根管内の汚染物質の指標として用いられている^{3,5,6)}。スマヤー層は有機物や無機物で構成されていて、内容は壊死した歯髄組織、細菌、象牙芽細胞の突起、そして象牙質であり³⁾、それらの刺激が根尖周囲組織に及ぶと数々の炎症性疾患を起こす⁷⁾。またスマヤー層は歯内療法においては象牙細管を封鎖させると考えられているため薬剤の浸透力を低下させ、根管充填の密着効果を低下させるので除去した方が良いと考えられている⁸⁾。そのため器械的拡大後、洗浄液を使用した根管洗浄をすることは重要であり、歯内治療において器械的清掃後の化学的清掃は根管治療後の予後を決める要素の一つである^{7,9)}。

根管洗浄にはさまざまな方法がある⁸⁾。例えばシリンジによる洗浄^{8,10)}と超音波による洗浄^{8,11,12)}、そして最近報告されているレーザーによる根管洗浄がある^{8,13)}。この3つの方法は根管洗浄方法として、すでにいくつか論文が発表されているが^{9~13)}、超音波とレーザーを直接比較した論文は少ない¹⁴⁾。また洗浄液も多種類が使用された研究報告があり、次亜塩素酸ナトリウム (NaClO)、EDTA、クエン酸そしてグルタルアルデヒドがある⁸⁾。それらのなかで臨床でよく使用されているのはNaClOとEDTAである¹⁴⁾。

評価方法もさまざまあり、光学顕微鏡を使用してデブリスの評価をする方法、組織学検査により

デブリスの評価をしたり走査電子顕微鏡を使用してスマヤー層の残存状態を評価するものや細菌検査など多種にわたる⁸⁾。このなかで本研究では歯内治療で使用される根管充填材 (剤) と歯質との接着を妨げるデブリスとスマヤー層に注目した。

本研究の目的はシリンジ、超音波、そしてレーザーを使用して、蒸留水(DW)、NaClOとEDTAを洗浄液として根管を洗浄して、デブリスとスマヤー層の残存状態を光学顕微鏡と走査電子顕微鏡を用いてスコア化し、デブリスとスマヤー層の除去効果を比較・検討することである。

材料および方法

1. 試 料

本研究は奥羽大学倫理委員会の承認 (第147号) を受けて行った。ホルマリン液中に保存してあるヒト抜去歯のなかから単根歯の根完成永久歯、根管がほぼ直線状 (Schneiderの方法¹⁵⁾で5°以内)、そして#10の手用リーマーで解剖学的根尖孔まで穿通可能な45本を選択して使用した。#10号の手用リーマーで穿通していることを確認して解剖学的根尖孔までを根管長とし、そこから1mm引いた値を作業長とした。

試料はニッケルチタンロータリーファイル (RECIPROC[®], 先端#50, 0.05 テーパー, 茂久田商会) を器械 (X・smartTMplus, デンツプライ三金) に装着して根管拡大・形成し、各5本ずつの9つのグループに無作為に分けた。

2. 使用洗浄液

DW (大塚蒸留水, 大塚製薬), 10% NaClO (ネオクリーナー, ネオ製薬工業), 17% EDTA (歯科根管切削補助材17% EDTA リキッド, ペントロンジャパン) を用いてそれぞれの方法で1分間洗浄した。

3. シリンジによる洗浄

根尖孔をユーティリティーワックスで封鎖し、5mlのシリンジ (ネオ イリゲーションシリンジ, ネオ製薬) と、太さ27G (0.4×25mm) のチップを使用して各洗浄液により5mlを1分間かけて洗浄した。洗浄方法としてはシリンジのチップ先端を作業長から1mm短いところから歯冠側部まで10秒かけて移動させて往復運動を繰り返す

1 分間洗浄した。その後、蒸留水で薬剤を洗い流し薬剤の影響が残らないようにした。

4. 超音波による洗浄

超音波の機器 (Varios 750, ナカニシ) を使用し、発振周波数は28~32 kHz, エンドモードの強さで設定値の3とした。超音波チップ (Uファイル, ナカニシ) を使用した。

根尖孔をユーティリティーワックスで封鎖し、根管内容を各薬液で満たし超音波チップ先端を作業長から1 mm 手前に置き1 分間洗浄した。その後、蒸留水で薬剤を洗い流し薬剤の影響が残らないようにした。

5. レーザーによる洗浄

Er:YAG レーザー装置 (Erwin AdvErL EVO, モリタ) を使用して根管内容を洗浄した。先端角度84°でコア径300 μ m のチップ (R300T, モリタ) を使用した。レーザーの出力はMatsumoto らの報告¹³⁾ を参考に30 mJ/pulse, 20 ppsとした。根尖孔をユーティリティーワックスで閉鎖し、洗浄液を根管内容に満たした状態で、レーザーチップ先端を作業長から1 mm 短いところから根中央部へ5 秒間の往復運動を繰り返し、1 分間洗浄した。その後、蒸留水で洗浄して薬剤による影響が残らないようにした。

6. 観察方法

各試料をそれぞれの方法で洗浄後、ダイヤモンドディスクで溝を縦に作製し、ドライバーで頬舌方向に縦に分割し、歯根に対してデブリスの評価では2 領域 (根尖部から根中央部, 根中央部から歯冠側部), スミヤー層の評価では3 領域 (根尖部, 根中央部, 歯冠側部) に分けて観察した。観察方法は最初に実体顕微鏡 (SMA-2T, ニコン) により拡大倍率10倍で根管内部のデブリスの状態を観察した。その後、自然乾燥して走査電子顕微鏡 (TM3030Plus, 日立) により拡大倍率1,000倍でスミヤー層の状態を観察した。

7. デブリスの評価は, Paquéらの報告⁵⁾ を基に5段階でおこなった。

デブリスの評価基準

スコア1 : 根管壁はきれいだが, ほんの少し小さなデブリスが残存している。

スコア2 : デブリスは小さな塊として少し残存

している。

スコア3 : 大きなデブリスの塊が存在していて, 根管壁の50% 以下を覆っている。

スコア4 : 根管壁の50% 以上を多くのデブリスの塊が根管壁を覆っている。

スコア5 : デブリスにより完全にまたはほとんど完全に根管壁が覆われている。

8. スミヤー層の評価は, Torabinejadらの報告⁶⁾ を基に3段階で行った。

スミヤー層の評価基準

スコア1. スミヤー層が残存していない : 根管内容にスミヤー層が残っていない。全ての象牙細管がきれいで開口している。

スコア2. スミヤー層が中程度に残存している : 根管の表面にはスミヤー層がない, しかし象牙細管内にはデブリスが確認できる。

スコア3. スミヤー層が多量に残存している : 根管内容や象牙細管にスミヤー層が多量に付着している。

9. 統計処理

Kruskal-Wallis rank test およびMann-Whitney U-test を用いて危険率5% で統計処理を行った。

結 果

1. デブリスの評価結果

1) シリンジによる洗浄では根尖部から根中央部にかけてすべての洗浄液で多量のデブリスが残存している試料が多く (図1), 平均スコアは2.5であった。根中央部から歯冠側部にかけてはデブリスの量は減少していて平均スコアは1.9であったが, 根尖部から根中央部までの部位と根中央部から歯冠側部までの部位を比較しても有意差は認められなかった (表1)。

2) 超音波による洗浄では洗浄液の種類にかかわらず全体的にデブリスはきれいに除去できていた (表1, 図2)。

3) レーザーによる洗浄では洗浄液にかかわらず全体的にデブリスはきれいに除去できていた (表1, 図3)。



図1 シリンジとDWを使用して洗浄後の実体顕微鏡の写真
デブリスの評価スコア：4
スケールバー＝1 mm



図2 超音波とDWを使用して洗浄後の実体顕微鏡の写真
デブリスの評価スコア：1
スケールバー＝1 mm



図3 レーザーとDWを使用して洗浄後の実体顕微鏡の写真
デブリスの評価スコア：1
スケールバー＝1 mm

デブリスのスコアで有意差が認められたのは、根尖部から根中央部で、シリンジでDWを使用した場合と比較して、超音波でDWまたはEDTAを使用した場合、あるいは超音波でNaClOまたはレーザーでNaClOを使用した場合であった。一方、デブリスのスコアが根中央部から歯冠側部ではシリンジとDWを使用した場合と比較して、超音波で洗浄した場合のスコアは低かった。デブリスのスコアが根中央部から歯冠側部ではシリンジでEDTAを使用した場合と比較して、超音波でDW、NaClOまたはEDTAを使用した場合のスコアが低かった。

2. スミヤー層の評価結果

1) シリンジとDWまたはNaClOを使用した

表1 デブリスのスコア

		根尖部から 根中央部	根中央部から 歯冠側部
シリンジ	DW	3.0 ± 1.0 ^{a,b}	2.0 ± 0.7 ^c
	NaClO	2.2 ± 0.8	1.6 ± 0.5
	EDTA	2.4 ± 0.5	2.0 ± 0.7 ^d
超音波	DW	1.0 ± 0.0 ^a	1.0 ± 0.0 ^{c,d}
	NaClO	1.2 ± 0.4 ^b	1.0 ± 0.0 ^{c,d}
	EDTA	1.0 ± 0.0 ^a	1.0 ± 0.0 ^{c,d}
レーザー	DW	1.4 ± 0.5	1.2 ± 0.4
	NaClO	1.2 ± 0.4 ^b	1.2 ± 0.4
	EDTA	1.4 ± 0.5	1.2 ± 0.4

値は試料数5の平均と標準偏差を示す。a, b, c, dは有意差を示す。

場合では、どの部位でも多量に付着していて象牙細管の確認ができなかった(表2)。一方、EDTAを使用した場合には根尖部はスミヤー層が多量に付着していて象牙細管の確認はできなかったが、根中央部では試料によってはスミヤー層が除去されて象牙細管の確認ができた。歯冠側部ではスミヤー層の除去がかなりできていたが有意差はなく、また超音波またはレーザーでEDTAを使用した場合の歯冠側部と比較しても有意差は認められなかった(表2)。

2) 超音波とDWを使用した場合では根尖部、歯冠側部でスミヤー層が多量に付着していて象牙細管の確認ができなかった(表2)。NaClOを使用するとスミヤー層が根尖部では多量に付着していて象牙細管の確認ができなかったが、根中央部

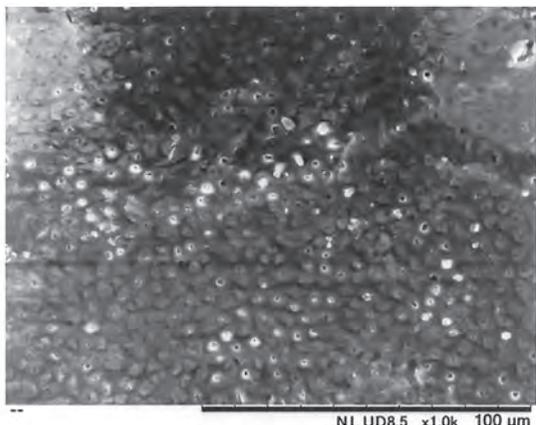


図4 超音波とEDTAを使用して洗浄後の根中央部の走査電子顕微鏡の写真

スマヤー層の評価：スコア：2
スケールバー=100 μm



図5 レーザーとDWを使用して洗浄後の根尖部の走査電子顕微鏡の写真

スマヤー層の評価：スコア：3
スケールバー=100 μm

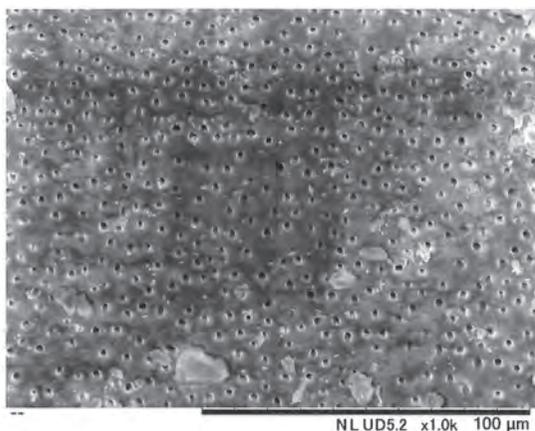


図6 レーザーとEDTAを使用して洗浄後の根中央部の走査電子顕微鏡の写真

スマヤー層の評価：スコア：1
スケールバー=100 μm

と歯冠側部では試料によってはスマヤー層が除去されていて、象牙細管の確認ができた。EDTAを使用した場合根尖部ではスマヤー層が多量に残存していて象牙細管の確認ができなかったが、根中央部と歯冠側部でスマヤー層が大部分除去できており、象牙細管が一部開口していた(表2, 図4)。

3) レーザーとDWを使用した場合では根尖部, 根中央部, 歯冠側部のすべての部位でスマヤー層が多量に付着していて象牙細管の確認ができな

表2 スマヤー層のスコア

		根尖部	根中央部	歯冠側部
シリンジ	DW	3.0±0.0	3.0±0.0 ^a	3.0±0.0
	NaClO	3.0±0.0	3.0±0.0	3.0±0.0
	EDTA	3.0±0.0	2.4±0.6	1.8±0.8
超音波	DW	3.0±0.0	2.8±0.4	3.0±0.0
	NaClO	3.0±0.0	2.6±0.5	2.2±0.4
	EDTA	3.0±0.0	1.8±0.4	1.8±0.4
レーザー	DW	3.0±0.0	3.0±0.0	3.0±0.0
	NaClO	2.6±0.5	2.0±0.0	2.4±0.5
	EDTA	1.4±0.5	1.0±0.0 ^a	1.4±0.5

値は試料数5の平均と標準偏差を示す。aは有意差を示す。

かった(表2, 図5)。

NaClOを使用した場合では試料によって、根中央部でスマヤー層が少なくなり一部の象牙細管の確認ができた(表2)。EDTAを使用した根中央部ではすべての試料で象牙細管の確認ができ、象牙細管内のデブリスもほぼ完全に除去できていた。

根尖部と歯冠側部では、スマヤー層が除去され象牙細管の確認ができ、一部試料によっては象牙細管内のデブリスも除去されていた(表2, 図6)。

スマヤー層除去に関して最も効果があったのは根中央部におけるレーザーとEDTAを使用した場合で、シリンジとDWを使用した場合と比較すると有意差が認められた($p < 0.05$)。

考 察

歯内治療の目的は根管を可能な限り無菌化するために、壊死組織をできるだけ除去することにある^{1,6)}。感染根管には刺激性物質があり、それらが根尖周囲組織に及ぶと数々の炎症性疾患を引き起こし、それらの物質は器械的拡大後の根管にも存在している⁷⁾。そのため化学的に根管を洗浄することは重要なことである⁷⁾。リーマー・ファイルは歯科の根管治療用の器具で細菌感染による根管内の病的歯髓を除去および器械的に清掃し、根尖病変を治療または予防するために使用されている¹⁷⁾。器械的に清掃するとデブリスとスミヤ層が生じる⁹⁾。デブリスとスミヤ層を除去する方法としてシリンジによる洗浄が一般的である¹⁴⁾。根管洗浄で使用されている代表的なシリンジには先端が開放された平坦型洗浄針、側方が開放されている側方型洗浄針があり、平坦型洗浄針では水流は直接根尖部に向かうが、側方型洗浄針では流れは斜め下方に向かう。しかし、平坦型洗浄針では、根尖方向への溢出の危険があるという報告¹⁰⁾があるので、本研究では臨床を想定して側方型洗浄針を使用した。また側方型洗浄針では、針孔の方向を把握して満遍なく根管壁に洗浄液を当てる工夫が必要であるとも報告されている¹⁰⁾。本研究では洗浄液を5 mlとしチップを作業長から1 mm短いところから歯冠側部に10秒かけて移動させて往復運動させた。その結果、シリンジによる洗浄ではデブリスの除去効果が根尖部から根中央部では低く、根中央部から歯冠側では除去効果は比較的高かった。

洗浄液にEDTAを使用した試料では歯冠側部において、シリンジでも超音波やレーザーを使用した方法とほぼ同等のスミヤ層の除去効果を示した。根管洗浄の効果は、洗浄液を根管全体に行き渡らせるだけでなく、新鮮な洗浄液に交換されるとさらに洗浄効果が高くなると報告されている¹⁸⁾。超音波やレーザーによる方法では根管を洗浄液で満たすだけの少量だったのに対してシリンジによる方法では5 ml使用し、洗浄液を循環させていた。超音波やレーザーによる方法では最初に根管内に洗浄液で満たして、超音波やレーザーの

チップをいれて洗浄したが、洗浄が終了するまで洗浄液を交換しなかったので洗浄効果が低下したと考察でき、そのため歯冠側部ではシリンジでも超音波やレーザーとほぼ同等の洗浄力を示したと考察できる。しかし、シリンジでは限界があり、特に根尖部のスミヤ層を除去することは難しいと報告されていて¹⁹⁾、本研究でも同様の結果となった。

超音波洗浄は洗浄液自体の効果だけではなく、キャビテーション効果によってさらに洗浄力が上昇すると報告されている²⁰⁾。超音波のキャビテーション効果は、液体が激しく揺れると圧力が高いところと低いところができる。圧力が低いところに真空の泡が発生するが、その後圧力が高くなるにつれて泡がつぶれると衝撃波が生じ、その衝撃により洗浄される²⁰⁾。本研究では超音波はデブリスの洗浄力は高いという結果となった(表1)。根尖部から根中央部においてシリンジと蒸留水を使用した場合と比較し、超音波洗浄ではすべての洗浄液に対して有意差を示した。スミヤ層に関して超音波による方法はシリンジ、レーザーを使用して洗浄液にDW, NaClO, そしてEDTAを使用した場合と有意差は認められなかった。根尖部の洗浄効果が低い結果となったのは、チップ先端の位置と作用時間が関係したと考えられたのでチップ先端の位置と作用時間を変更して更に検討する必要がある。超音波チップの振幅が大きい腹ではなく、振幅の小さな節部より泡が発生し、その泡は瞬時につぶれていたと報告されている¹¹⁾。このことはチップの場所により洗浄効果に差があることを示唆している。本研究ではシリンジやレーザーを使用した洗浄方法と異なり超音波チップの先端を作業長より1 mm離れた場所に置き、その場で固定させて動かさなかったので全体的にスミヤ層に関しては期待したほど除去できなかったと推察できる。超音波の根管洗浄に関してはアピカルシートを形成せず洗浄すると根尖孔外溢出量がアピカルシート形成菌の2倍認められたと報告されている²¹⁾。またアピカルシートの形成をしても超音波のチップをアピカルシートに接触させて洗浄すると多量の根尖孔外溢出が認められ、アピカルシートから離れるほど根尖孔外溢出量が

減少したことが報告されている²¹⁾。生理食塩水でも10分間超音波で洗浄し続けるとスマヤー層の除去ができるという報告がある²²⁾。ただし洗浄時間が長くなるほど多量の根尖孔外への溢出が認められたと報告していて、根管洗浄時間は1分以内にする方が好ましい²¹⁾。チップをアピカルシートに接触させるとアピカルシートを破壊する危険も指摘されている。本研究ではアピカルシートより1 mm 離れた位置にチップの先端を置き、洗浄時間も1分間とした。超音波で根管内の洗浄は難しいという報告が多いが⁸⁾、今後更に条件を変えて研究を行う必要がある。

レーザーは臨床での根管治療において使用されることがまだ多くない治療法と考えられる¹⁴⁾。レーザー洗浄法はキャビテーション効果により洗浄される。その原理はレーザーを照射した際その気泡がつぶされるときに衝撃が起き、その衝撃により水流が生じて、物理的に洗浄されるというものである¹³⁾。予備実験より、レーザーチップの挿入位置により洗浄液の飛散が少なからず認められたため本研究ではレーザーチップは根尖部から根中央部の移動にとどめ歯冠側部まで移動させなかった。その理由として薬液が根管外へ飛散すると薬液の量が減少し洗浄効果が歯冠側に及ばなくなる。さらに洗浄液がなくなるとレーザー照射により炭化する危険があるからである。レーザーの出力は洗浄液の飛散をできるだけ少なくするため Matsumoto らの研究¹³⁾を参考に30mJ/pulse, 20 pps とした。その結果デブリスの除去効果は根尖部から根中央部、根中央部から歯冠側部まで若干高い除去効果となり、シリンジとDWの結果、レーザーとNaClOを使用した場合の結果とに有意差が認められた。スマヤー層に関してはレーザーとEDTAを使用した試料の根中央部が最もスマヤー層の除去ができていて、シリンジと蒸留水を使用して洗浄した場合と比較して有意差があった。レーザーとEDTAを使用した試料だけが根尖部のスマヤー層のスコアの平均が1.4となりスコアで最も良かった。レーザー出力30 mJの時、チップ先端より2 mm 離れた場所で水流が激しくなることが報告され、またレーザーチップが根尖近くにあった時にはパルスエネルギーの影響

を受けないと報告されている¹³⁾。今回使用したものと同じコーン型のチップからの照射は横からの照射が主であるので、今研究でも根尖部と根中央部が比較的スマヤー層の除去において効率的に行われたと推察できる。

根管洗浄液に必要な理想的な要件とは、広い抗菌スペクトルを持ちバイオフィーム内の細菌に対して殺菌作用があり壊死歯髄組織を溶解することである²³⁾。さらに可能であればエンドトキシンを不活化し、器具により清掃している時にスマヤー層ができない、または後でスマヤー層を溶解でき、体内に入ったとき全身的に無毒でアナフィラキシーの可能性も低いことである²³⁾。

本研究では薬液の1つとしてNaClOを使用した。NaClOは根管洗浄液の第一選択となっている¹⁴⁾。NaClOは有機物や脂肪を溶解して、脂肪酸や脂肪酸塩やアルコールに変える。象牙質を変性させてコラーゲンを溶解するためである。炭素原子の基礎構造を壊し、NaClOにより根管壁と歯科用材料との接着効果が減少する。なぜなら根管壁を構成する象牙質表面のコラーゲン線維の形が崩れるからである¹⁾。また塩素には殺菌作用があり微生物の酵素を抑制する働きがある。この殺菌作用により根管洗浄液として使用されている¹⁾。NaClOは組織溶解能力とバイオフィームの除去能力に優れていて、スマヤー層の除去能力もあるがアレルギー誘発の危険がある²³⁾。そのために根尖孔外溢出に注意するのはもちろんのことだが、できるだけ低濃度のNaClOを使用しなければならない。ただし1%濃度のNaClOでは超音波を使用しても根尖部のスマヤー層は除去できないと報告されているので²⁴⁾、本研究では10%濃度を使用した。本研究の結果では1分間、10% NaClOで洗浄してもシリンジ、超音波そしてレーザーでも根尖部のスマヤー層を除去することは難しいという結果となった。スマヤー層を除去するためにはクロルヘキシジンのような他の薬剤と交互洗浄をするなどの選択肢があるが、NaClOと併用することにより為害作用の問題がある¹⁾ので今後の研究課題である。

本研究で使用したもう一つの洗浄液にEDTAがある。近年洗浄時の洗浄液としてNaClOほど

ではないが多くの歯科大学において使われている洗浄液である¹⁴⁾。

シリンジを使用しても17% EDTA を使用すれば歯冠側に関しては洗浄時間が1分間でもスミヤー層の除去はできるが根尖部はスミヤー層が多量に残存するという報告があり²⁵⁾、本研究では17% EDTA を使用し、根尖部に関しては同様の結果を得ている。

しかし高濃度の EDTA は長時間使用すると象牙質の過脱灰が生じやすい。14.3% EDTA で10分間以上の洗浄で過脱灰が認められたと報告されている²⁶⁾。本研究では洗浄時間を1分間としたので過脱灰は認められなかった。

レーザーを使用した根管洗浄に関する研究では根管が彎曲すると洗浄効果が低くなり、特に根尖部の洗浄効果が低下するという報告がなされている²⁷⁾。そこで本研究では歯根が比較的直線状のものを選択したのでレーザーを使用すれば洗浄時間が1分間でも、洗浄液に NaClO を使用した場合、シリンジと DW を使用した場合と比較して、根尖部から歯冠側部の範囲ではデブリスの除去効果は高い結果となった。

レーザーによる洗浄は出力または他の異なる波長のレーザーの場合でも効果に相違があるため²⁸⁾、今回使用した出力以外または他のレーザーでも検討する必要がある。

結 論

本研究の結果から以下のような結論を得た。

1. 根尖部から根中央部までの部位でのデブリスの除去に関しては、シリンジと DW を使用した場合と比較して超音波による洗浄はすべての洗浄液で除去効果が有意に高い結果となった ($p<0.05$)。

2. 根尖部から根中央部までの部位でレーザーと NaClO を使用した場合はシリンジと DW を使用した場合と比較してデブリスの除去効果が有意に高い結果となった ($P<0.05$)。

3. 根中央部から歯冠側部のデブリス除去に関しては、超音波と DW, NaClO, EDTA を使用した場合がシリンジを使用して DW または EDTA を使用した場合より有意に高い洗浄効果

を示した ($p<0.05$)。

4. スミヤー層の除去に関して、根中央部ではシリンジと DW を使用して洗浄した場合より、レーザーと EDTA を使用した方が洗浄効果が有意に高い結果となった ($p<0.05$)。

以上のことからデブリスの除去に関しては超音波による方法が、スミヤー層の除去に関しては EDTA と併用したレーザーによる方法が有用であることが示唆された。

本論文において、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Kandaswamy, D. and Venkateshbabu, N. : Root canal irrigants. *J. Conserv. Dent.* **13** ; 256-264 2010.
- 2) 真鍋圭毅, 吉田隆一, 竹中武久, 山下晴男, 関根一郎, 向山嘉幸: 細い根管における15%EDTA の smeared layer 除去効果について. *日歯保誌* **30** ; 1610-1618 1987.
- 3) Violich, D. R. and Chandler, N. P. : The smear layer in endodontics - a review. *Int. Endod. J.* **43** ; 2-15 2010.
- 4) Eick, J. D., Wilko, R. A., Anderson, C. H. and Sorensen, S. E. : Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J. Dent. Res.* **49** ; 1359-1368 1970.
- 5) Paqué, F., Musch, U. and Hülsmann, M. : Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int. Endod. J.* **38** ; 8-16 2005.
- 6) Torabinejad, M., Khandemi, A.A., Babagoli, J., Cho, Y., Johnson, W.B., Bozhilov, K., Kim, J. and Shabahang, S. : A new solution for the removal of the smear layer. *J. Endod.* **29** ; 170-175 2003.
- 7) 中西恵治, 中西順二, 白川正治, 河内勝和, 岡本 莫: 感染根管歯の有する刺激性物質の起炎作用. *广大歯誌* **16** ; 120-123 1984.
- 8) Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H. and Tay, F. R. : Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J. Endod.* **35** ; 791-804 2009.
- 9) Fabricius, L., Dahlén, G., Sundqvist, G., Happonen, R.P. and Möller, A.J.R. : Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *Eur. J. Oral Sci.* **114** ; 278-285 2006.

- 10) 後藤千里, 吉嶺嘉人, 赤峰昭文: シリンジ法による根管洗浄効率に関する *in vitro* での流体解析. 日歯保存誌 **54**; 103-111 2011.
- 11) 駒橋一永: 超音波を応用した根管洗浄の機序に関する研究. 日歯保誌 **31**; 821-832 1988.
- 12) 今村麻枝男, 真方貴生, 斎藤文利, 金子伝一郎, 子田晃一, 岩久正明: 超音波振動による根管洗浄効果について. 日歯保誌 **32**; 769-777 1989.
- 13) Matsumoto, H., Yoshimine, Y. and Akamine, A.: Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er:YAG laser within a root canal model. J. Endod. **37**; 839-843 2011.
- 14) 木方一貴, 田中雅士, 長谷川智哉, 竹内雄太, 赤堀裕樹, 瀧谷佳晃, 斎藤達哉, 伊藤智美, 吉田隆一, 河野 哲: 日本の歯科大学・歯学部臨床における根管洗浄法. 日歯保存誌 **62**; 143-151 2019.
- 15) Schneider, S.W.: A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg. **32**; 271-275 1971.
- 16) Rahimi, S., Janani, M., Lotfi, M., Shahi, S., Aghbali, A., Vahid Pakdel, M., Salem Milani, A. and Ghasemi, N.: A review of antibacterial agents in endodontic treatment. Iran Endod. J. **9**; 161-168 2014.
- 17) 金澤悦子, 藤島宏美, 棚橋正子, 中川敦寛, 亀井 尚, 松原正道, 菊地 敦: 業務量調査結果からみた歯科の根管治療に用いるリーマー・ファイルの洗浄液導入による効果. 医機学 **89**; 411-416 2019.
- 18) Druttman, A. C. S. and Stock, C. J. R.: An *in vitro* comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement. Int. Endod. J. **22**; 174-178 1989.
- 19) 宗 洋一郎, 大住伴子, 黒木賀代子, 田原準郎, 南 信之: 根管清掃に関する実験的研究. 日歯保誌 **34**; 313-321 1991.
- 20) 滝下和弘, 滝本英哉: 超音波洗浄. J. Vac. Soc. Jpn. (真空) **43**; 642-646 2000.
- 21) 神谷江美, 秋元康宏, 今村直也, 町田 肇, 中西恵治, 二宮順二, 白川正治, 岡本 莫: 超音波による根管洗浄時の内容物の根尖孔外溢出について. 日歯保誌 **29**; 938-944 1986.
- 22) 柴田泰二: 根管清掃にEDTAを応用した基礎的研究. 日歯保誌 **33**; 1085-1101 1990.
- 23) Zehnder, M.: Root canal irrigants. J. Endod. **32**; 389-398 2006.
- 24) Schmidt, T.F., Teixeira, C.S., Felipe, M. C. S., Felipe, W.T., Pashley, D.H. and Bortoluzzi, E. A.: Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. J. Endod. **41**; 1359-1363 2015.
- 25) Saito, K., Webb, T. D., Imamura, G. M. and Goodell, G. G.: Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. J. Endod. **34**; 1011-1014 2008.
- 26) 川島伸之, 戸村淳嗣, 横田兼欣, 興地隆史: 低濃度EDTA溶液のスミヤ層除去効果と象牙質脱灰に対する影響. 日歯保存誌 **60**; 32-39 2017.
- 27) Moon, Y.M., Kim, H.C., Bae, K.S., Baek, S.H., Shon, W.J. and Lee, W.: Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd:YAG laser on sealer penetration in curved root canals. J. Endod. **38**; 531-535 2012.
- 28) Arslan, H., Ayrancı, L. B., Karatas, E., Topçuoğlu, H. S., Yavuz, M. S. and Kesim, B.: Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. J. Endod. **39**; 1589-1592 2013.

著者への連絡先: 矢口剛士, (〒963-8611) 郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部放射線診断学講座
Reprint requests: Takeshi YAGUCHI, Department of Radiology and Diagnosis, Ohu University School of Dentistry
31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan