クリニカル・テクノロジー

根管壁洗浄の現状

—根管治療の成功率を上げるために—

長谷川篤司, 木下潤一郎*

Trend of Root Canal Irrigation

—For Successful Root Canal Treatment—

Tokuji HASEGAWA and Jun-ichiro KINOSHITA*

Department of Comprehensive Dentistry, Showa University School of Dentistry

**Department of Clinical Cariology and Endodontology, Showa University School of Dentistry*

要旨

良好な根管治療予後のためには、治療過程のすべてのステップで根管内無菌化のための努力がもとめられている。これらのステップのうち、根管壁の化学的清掃、すなわち根管洗浄には、従来から次亜塩素酸ナトリウムと過酸化水素水による交互洗浄が用いられてきた。また、近年では EDTA の使用や、超音波発生装置の併用などが取り上げられている。では従来からの根管洗浄法の問題点は何か。新たな薬剤や器材によって何がどう改善され、どのような効果が見られるのか。これらを導入する際には、臨床上どのようなことに配慮すべきか。現状でどの程度の臨床現場で使用されているのかなどを簡単に解説した。

図 1 スミヤー層とスミヤープラグ

図 2 EDTA 構造式 (左図) およびカルシウムイオンとキレート結合している状態 (右図)

はじめに

根管治療後に良好な予後を得るためには根管内の無菌化と緊密な根管充填が不可欠とされている。根管内の無菌化のためには、ラバーダム防湿法によって口腔内環境と根管環境を隔離した診療環境下で、根管細菌叢や歯質切削片を確実に除去、摘出し、貼薬後には確実な仮封を行うことが重要である。根管内の歯髄残片、罹患象牙質あるいは幼弱な象牙前質層を機械的清掃によって能率的に摘出することが可能であるが、機械的清掃だけでは、根管壁に付着したスミヤー層およびスミヤープラグと根管内に沈殿した歯質切削片などを確実に除去するには十分ではない。

特に、根尖部では根管の湾曲や細かな根管側枝や根尖での分岐など、根管内の複雑な構造が器具の到達を困難にし、機械的清掃によるスミヤー層およびスミヤープラグ^{注1)}の摘出を阻害している。難治性根尖性歯周炎の場合には、根尖部付近で細菌叢がバイオフィルムを形成していることが最も可能性が高いため、この機械的清掃能に限界があることは重視されなければならない。

そこで、機械的清掃に加えて、適切な化学的清掃法、すなわち根管洗浄が十分に実施されることが根管治療成功の重要なカギを握っていると考えられ、超音波発生装置などの根管洗浄器の開発や、根管洗浄液の組み合わせなど、根管洗浄の効果を上げる努力がなされている。根管洗浄液に求められる要件として、溶液の抗細菌性だけでなく、有機質溶解性や無機質脱灰性による切削片およびスミヤー層除去性能や細胞毒性などがあげられるが、根管、特に感染根管の病態は様々であり、使用する溶液の濃度や量、温度変化、他剤との組み合わせ、根管洗浄器の種類など、治療成功のために求められる要因は多岐にわたる。そこで、本稿では、安心安全かつ成功確率の高い根管治療を目指す上で特に根管洗浄に着目し、使用される根管洗浄器と洗浄薬剤、溶液の現状の一部と、切削片やスミヤー層除去のための基本的知識と臨床で留意すべき点について紹介し、根管治療成功の治療条件を選択する幅を広げるための一助となることを目的とした。

根管洗浄器や根管洗浄剤の現状

斎藤ら¹⁾は、日本国内の歯科大学および歯学部付属病院のアンケート結果(複数回答)から、96.4%の大学病院ではシリンジ類を用いて薬液洗浄を行っているとし、

表 1 日本国内での根管洗浄に用いられている根管洗浄器

使用根管洗浄器	28 回答中 (複数回答可)	
シリンジ類	27	96.4%
超音波発生装置	17	60.7%
可聴域振動装置	5	17.9%
根管洗浄装置	1	3.6%
その他*	3	10.7%

*：根管吸引器、ブローチ綿花、プラスチックピペット

斎藤達哉ら：日本の歯科大学・歯学部附属病院における根管洗浄に関するアンケート調査。日歯保存誌，47：744-751 (2004) より抜粋

60.7%の大学病院で超音波発生装置を使用していることを報告している(表1)。以下にその2つの系統の根管洗浄法の代表的な臨床的使用方法とその効果発現のメカニズムについて概説する。

A. シリンジ類による根管洗浄

1) 次亜塩素酸ナトリウム溶液(sodium hypochlorite)と過酸化水素水(hydrogen peroxide)

シリンジ類を根管洗浄器として使用するときの根管洗浄法としては96.3%の大学病院で次亜塩素酸ナトリウムが、81.5%の大学病院で過酸化水素水が採用されている(表2)¹⁾。また、1995年12月の米国歯科医学教育学会歯内療法分科会によるアンケート調査では、米国の95.7%(45校/47校)の大学で、カナダの100%(8校/8校)の大学で次亜塩素酸ナトリウム溶液が根管洗浄剤として採用されている²⁾。さらに、Qualtrough³⁾はヨーロッパの86.9%(53校/61校)の大学で次亜塩素酸ナトリウム溶液が根管洗浄剤として採用されていることを報告している。このような事実から、現在も次亜塩素酸ナトリウムが根管洗浄の主流⁴⁾であり、日本国内ではこれに過酸化水素水が併用されることが多いものと考えられる。次亜塩素酸ナトリウムには強い有機質溶解作用と消毒作用があり、Grossman⁵⁾が最初に根管洗浄剤としての応用を報告した。日本医薬品集に記載されている次亜塩素酸ナトリウムの消毒作用を表4に示すが、10%溶液を15分程度作用することができれば、ほぼ十分な消毒効果が期待でき、このような消毒効果は過酸化水素水との交互洗浄として併用すると増強され、10分程度で得られる⁶⁾ものの、消毒にはかなりの時間が必要であることが推測され

注1) スミヤー層とスミヤープラグ⁹⁾。スミヤー層は、根管形成時の熱や機械的な作用によって象牙質切削片が歯髄あるいは罹患、軟化した象牙質由来の有機質との複合体となったもので、根管壁に層状に付着したものをスミヤー層、象牙細管内に入り込んだものをスミヤープラグという(図1)。これらの中には細菌が残留している可能性が高く、スミヤー層内での細菌増殖の危険だけでなく、根管消毒剤が象牙細管内を消毒することを阻害してしまう可能性が考えられる。さらに、根管充填時には根管シーラーの壁着性を阻害して、緊密な根管充填を損なうことさえも危惧される。

る。この交互洗浄法のメリットは発泡であり、根管内に沈殿している象牙質切削片や、溶解されたスミヤ層を根管外へ排出する作用が期待されている。

一方、臨床操作上の注意として、根管内の次亜塩素酸ナトリウム溶液に洗浄（消毒）効果が発揮されるための十分な時間を与えることが必要である。根管内に作用さ

表 2 日本国内でシリンジ類を併用して根管洗浄に用いられている薬剤、溶液

使用薬剤	27 回答中（複数回答可）	
次亜塩素酸ナトリウム	26	96.3%
過酸化水素水	22	81.5%
EDTA 製剤 ^{*1}	12	44.4%
強酸性水	1	3.7%
精製水	2	7.4%
生理食塩水	10	37.0%
その他 ^{*2}	6	22.2%

^{*1}: モルホニン, スメアークリーン, RC-prep, 3% EDTA, 15% EDTA, O'stby 処方

^{*2}: 0.1% クロロヘキシジン, リン酸・ポリアクリル酸, 0.2% イソジン, クロラミン T, アクリノール
斎藤達哉ら: 日本の歯科大学・歯学部附属病院における根管洗浄に関するアンケート調査. 日歯保存誌, 47: 744-751 (2004) より抜粋

表 3 日本国内で超音波振動装置を併用して根管洗浄に用いられている薬剤、溶液

使用薬剤	17 回答中（複数回答可）	
デンタルチェアからの給水	15	88.2%
次亜塩素酸ナトリウム	4	23.5%
EDTA 製剤	4	23.5%
強酸性水	1	5.9%
精製水	0	0%
生理食塩水	0	0%
その他 [*]	2	11.8%

^{*}: オキシドール, 弱酸性水

斎藤達哉ら: 日本の歯科大学・歯学部附属病院における根管洗浄に関するアンケート調査. 日歯保存誌, 47: 744-751 (2004) より抜粋

せた次亜塩素酸ナトリウム溶液は、すぐに過酸化水素水で発泡させるのではなく、しばらく待つことが重要なのである。さらに、根管洗浄中の強い発泡作用で根尖組織に気腫を生じないように、シリンジにて根管内に静かに滴下することが必要である。皮下気腫の好発部位は上顎犬歯から小白歯であるので、特にこの部位の患歯に対して交互洗浄をする際には、根尖孔が破壊されていないこと、根中央部から根尖部の位置でストリッピングパーフォレーションがないことを確認すること、シリンジニードル先端を根管の奥に差し込み過ぎてバインドした状態でピストンを押さないよう留意することが重要である。また交互洗浄をする場合は、次亜塩素酸ナトリウムで最後に洗浄することを心がけなければならない。過酸化水素水を最後にすると仮封後の発泡によって内圧が上昇して術後疼痛を引き起こす可能性があり、万一根尖孔外の歯根膜組織に挫滅傷害があつて血管が破れている場合には、過酸化水素水との間でカタラーゼ反応が惹起し、炎症反応が持続することにより慢性的な不快感が消退しないこともあるからである。結論として、洗浄（消毒）効果はさほど高いわけではないので、次亜塩素酸ナトリウムを滅菌精製水や生理食塩水で2~3倍希釈してこまめに洗浄することが好ましい⁸⁾という意見があることは、3%から10%の間に調整された次亜塩素酸ナトリウム溶液を質と量においていかに上手に組み合わせるかがこの薬液についての議論の終着点になることを示している。

臨床使用のワンポイントとして次亜塩素酸ナトリウムの有機質溶解作用は溶液を温めることによって増強される⁷⁾ことも知っていると有利である。加えて、次亜塩素酸ナトリウムは有機質の溶解能が高いことから、特に抜髄根管の初回治療に際しては、根管内にたっぷり満たした状態でリーミング・ファイリング操作をすることを心がけると、残髄を起すことが少なくなり、したがって残髄炎から歯根膜感染に至らしめることを予防し、根管内壁の象牙細管に入り込んだ象牙が細胞突起などの有機質を無害化する確率が高いことを知っておくとよい。

表 4 次亜塩素酸ナトリウムの臨床成績

臨床的に感染根管と診断されたホルマリン固定抜去歯牙への消毒効果
(根管拡大後、各薬剤で洗浄した場合の病理組織学的所見)

洗浄薬剤	有 効		概良以上	
次亜塩素酸ナトリウム 5 分間洗とう	40%	4/10	70%	7/10
次亜塩素酸ナトリウム 15 分間洗とう	70%	19/27	93%	25/27
次亜塩素酸ナトリウム 20 分間洗とう	81%	21/26	92%	24/26
次亜塩素酸ナトリウム + 過酸化水素水 10 分間洗とう	78%	14/18	94%	17/18

日本医薬品集・医療薬 2009 年度版から抜粋

2) EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid)

次亜塩素酸ナトリウムと過酸化水素水の交互洗浄による消毒効果があまり強くないのは、機械的清掃によって生じたスミヤー層を除去する効果が大きくないことに起因すると考えられる。そこで無機質脱灰作用を持つ EDTA (エチレンジアミン四酢酸ナトリウム) による清掃法¹⁰⁾によってスミヤー層を除去して洗浄効果を上げる方法が実施されている。現状では日本国内 44% の歯科大学病院¹⁾でシリンジを使用した根管洗浄に EDTA を用いている。また、米国では 44.7% (21 校/47 校)、カナダでは 75% (6 校/8 校) で EDTA が用いられている²⁾ものの、ヨーロッパでは 6.6% (4 校/61 校) でしか用いられていない³⁾。

EDTA は、図 2 のように無機物をキレート結合により根管スミヤー層のカルシウムを化学的に捕捉する。このような脱灰反応は、齲蝕に起因する罹患象牙質を切削除去した窩洞に、修復用コンポジットレジンに接着させる場合にも通じるところがあり、Chiba ら¹¹⁾は窩洞内象牙質上のスミヤー層を過不足なく除去するためには 0.5 M (約 15%) EDTA が適切であり、リン酸などの強酸では健全象牙質まで必要以上に脱灰、溶解してしまうことを報告している。

対象を根管内象牙質に戻すと、長谷川ら¹²⁾は 15% EDTA 溶液を象牙質に 5 分間作用させると 40~60 μm の象牙質脱灰を確認するが、軟化が深部に至ることはないことを報告している。

現在市販されている根管治療用 EDTA 製剤は、15% (RC-prep, Premier, Philadelphia), 15% (モルホニン, 昭和薬品化工, 東京), 3% (スミアクリーン, 日本歯科薬品, 山口), そしてわが国ではまだ知名度が低い 18% (ウルトラデント, Ultradent Products Inc., South Jordan) である。RC-prep は 15% EDTA であるが、約 75% を占めるカーボワックスにより増粘され、根管拡大用のペーストという感が強く、脱灰作用を示すだけでなく、10% の過酸化尿素による殺菌作用と、次亜塩素酸ナトリウムとの併用時には発泡作用が期待できる。

モルホニンは、シリンジにて根管洗浄できる 15% EDTA の溶液であるが、殺菌消毒効果と細部へ浸透するように陽イオン界面活性剤であるセトリミドが配合されている。根管洗浄剤としてふんだんに使用するにはコストが高いため、やはり狭窄根管の穿通に用いることが推奨される。

スミアクリーンもまたシリンジにて根管洗浄できる 3% EDTA の溶液で、弱アルカリ性を示す (pH 9~9.5)。メーカーは 3% であるが 15% のものと比べて遜色のないスミヤー除去効果があるとしている。一定容量あたりの

コストは低く設定されているため、もっぱらシリンジによる根管洗浄に使われる。小澤らは低濃度の EDTA は、根管内で溶液と十分に接触する根管中央部ではスミヤー層除去効果に差異は見られないものの、根尖部など溶液が還流しない部位では十分なスミヤー層除去効果を示さない¹³⁾ので、注意を要すると警告¹³⁾している。ウルトラデントは 18% であるにもかかわらずコストも格段に安くなっており、利用しやすい商品であるがまだその効果について多くの知見があるとは言えない。

最近では、有機質溶解作用のある 6% 次亜塩素酸ナトリウムと無機質脱灰作用のある 15% EDTA を併用する手法が見られ、この方法でスミヤー層はほぼ完全に除去される¹⁴⁾。また、過酸化水素水の発現する発泡とは明らかに異なるが、交互洗浄時に若干の発泡が期待できる。さらに、小川らは 15% EDTA の使用によってラテラルコンデンセーション法による根管充填時に垂直性破折を起こしやすくなる¹⁵⁾ことを報告しており、症例選択に注意を要する。通常、15% EDTA の不活性化には 3% 次亜塩素酸ナトリウムが必要と考えられており、交互洗浄を行い、最後の洗浄液として次亜塩素酸ナトリウムを使用することは必要以上の脱灰を抑止するためにも望ましいと考えられる。このような点からも、EDTA 製剤の根管内の滞留時間は、いずれの商品を用いる場合であっても、2 分間程度を標準とするべきである。

3) 強酸性水

近年、少量の電解質 (NaCl, KCl など) を加えた水を電気分解して得られる酸化電位水が医療分野の殺菌消毒に用いられるようになってきている。通常 pH 2.7 以下、酸化還元電位 1,100 mV 以上、残留塩素 10 ppm 以上のものが一般的であり、細菌やウィルスの不活性化をもたらす半面、生体に対する為害性がないとされている。竹村ら¹⁶⁾は良好なスミヤー層除去効果を報告したが、小澤らは酸化電位水が有機質や無機質に接触すると短時間で変化することから至適な流量¹⁷⁾での流水状態で根管洗浄を行う必要性を報告し、吉田らは EDTA と同様の臨床効果を報告^{18,19)}している。また、Qinq ら²⁰⁾は強酸性水が健全象牙質を必要以上に脱灰することがないことをマイクロビッカース硬さで検討し報告している。

発生するラジカル酸素による有機質の酸化が殺菌メカニズムの基本であるが、これは前述の過酸化水素水および次亜塩素酸ナトリウムにおいてより強力であるのだが、万一正常組織に漏れたときのことを考えると為害性の小ささにおいて強酸性水が優れていると考えられる。

B. 超音波振動装置による根管洗浄

シリンジ類以外の根管洗浄器として、日本国内 60.7% の大学病院で超音波発生装置を使用していることが報告

されている¹⁾。かつて根管形成や拡大のために開発された超音波振動装置は、現在では根管壁スミヤ層除去のための補助器具としての使用用途が主体になってきている。この超音波振動装置に併用される溶液の第1は、断然、デンタルチェアーからの給水(88.2%)である(表3)¹⁾。また、次亜塩素酸ナトリウム、EDTAなどの併用も見られたが、臨床使用時には振動装置の作動によって薬液が飛散して皮膚や口腔粘膜を損傷する可能性があり、ラバーダム防湿法だけでなく、十分な注意が必要と考えられる。

超音波発生装置の併用に関して様々な報告^{21,22)}があるが、おおむね共通するのは、根管開口部や根管中央部だけでなく、根尖部でも洗浄効果が十分に発揮されていることである。これは超音波のCavitation効果^{注2)}によって、薬液が攪拌され、十分に還流した結果によると考えられる。このような作用は根管洗浄液がチェアーからの給水のみの場合であったとしても、多少のスミヤ層除去効果を発揮するであろうし、難治性根尖性歯周炎などで根尖付近に形成されたバイオフィルム^{23~25)}の破壊や、深部での気泡発生による空気供給による嫌気性細菌に対する殺菌的な作用も期待される。今村らは8%次亜塩素酸ナトリウムを超音波振動装置と併用すると、溶液の温度上昇に伴って有機質溶解作用が増強され、超音波のCavitation作用と相乗的に働いて根尖部でのスミヤ層除去が可能になったと報告²³⁾している。また超音波発生装置の金属製先端チップの形状はさまざまなものがあるが、根管内の水流を起こす目的で超音波洗浄操作をしている際に、チップ先端が超音波振動によって根管内壁に接するときに表層のスミヤ層を除去する効果も大きいと思われる。

おわりに

根管治療の成功率を上げるためには、根管内の無菌化が重要であることを先に述べたが、これはラバーダム防湿法に始まり、根管拡大と洗浄、そして、適切な貼薬後の確実な仮封と一連の処置のすべてに最良を目指すことが大切で、ひとつでもレベルを下げると、治療の結果はそのレベル以上にはならない。本稿では、根管洗浄のみを取り上げたが、ラバーダム防湿や、仮封などが適切な

材料で適切に施術されることが前提となっている。

根尖部では根管の複雑な解剖学的形態や、細菌叢が形成するバイオフィルムなど、治療成功を阻害する要因は多岐にわたり、これを解決するために多くの研究者、臨床家が数多くの手法や材料を開発している。本稿では取り上げなかったが、前項で取り上げた次亜塩素酸ナトリウムとEDTAの交互洗浄の後に2% Chlorhexidineで最終洗浄するという試みや、pHを7.3に調整したEDTAに消毒剤であるCetavlonを加えたEDTACなども考案されている。さらに、抗生物質含有のMioPure MTAD, Benzalkonium Chlorideやリン酸バッファー含有のTubulicid Plusなどの根管洗浄剤も市販に至っている。安心安全かつ成功確率の高い根管治療を目指して、根管洗浄効果が高める試みがなされている。

しかしながら、根管洗浄時に根管内の象牙質削片のすべてを洗浄、吸引してしまうと、削除された罹患象牙質の状態(おもに色や硬さ、形状など)を確認することができない。特に感染根管の治療の際には象牙質削片をガーゼあるいは綿花上に吸着させて、その色や形状から根管内的罹患象牙質除去の程度を判断するというような地道な手技も、根管治療の成功のためには重要であることも忘れてはならない。

文 献

- 1) 斎藤達哉, 吉田隆一, 越智健太郎, 関根源太, 北村進, 仲宗根歩, 河野 哲, 関根一郎: 日本の歯科大学・歯学部附属病院における根管洗浄に関するアンケート調査. 日歯保存誌, **47**: 744-751, 2004
- 2) 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, **669**: 175-180, 1998
- 3) Qualtrough AJE, Whitworth JM, Dummer PMH: Preclinical endodontology: An international comparison. Int Endod J, **32**: 406-414, 1999
- 4) Mohammadi Z: Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. Int Dent J, **58**: 329-341, 2008
- 5) Grossmann LI, Olient S, Del Rio CE: 鈴木賢策監訳: グロスマンエンドドンティックス, 11th ed. 東京, 1989, 医歯薬出版, pp 188-191
- 6) 日本医薬品フォーラム監修: 日本医薬品集・医療薬 2009年度版. 東京, 2009, じほう, pp 1020

注2) キャビテーション効果(Cavitation effect). 十分な水の中に超音波(20 KHz以上)振動をする金属片を浸漬するときに生じる。金属片の振動部が完全に水につかっている時、振動によって金属片の周りに微小な真空の気泡が無数に発生する。その気泡の周りには圧力が生じるので、気泡が生まれた次の瞬間に気泡は押しつぶされるから、その周りは減圧状態となる。これを間断なく繰り返すことによって水の入っている容器の内壁の形に応じてその環境に特異的な水流が生じることをキャビテーション効果という。

さらに金属片がしなりのよい材質で作られている場合は、振動によって先端の空間的位置が動くわけであるが、金属片先端を固いもの(本稿の場合は根管内壁の象牙質)に接しめようとする場合にも完全に接することができない。すなわち、金属片先端が接していない時間(すなわち金属片先端がエネルギーを貯める時間)が長く、しかる後に一瞬の短い時間だけ接するときにエネルギーを放出する。これが超音波チップによる歯牙硬組織の切削メカニズムである。根管洗浄の目的で超音波発生装置を用いる場合は強く内壁にこすりつけるような操作をするべきではない。

- 7) 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, **24**: 42-49, 1999
- 8) 石井隆資: システムチック根管治療—安全性・効率性・確実性の追求—「抜髄根管」と「感染根管」, 東京都歯科医師会雑誌, **54**: 28-31, 2006
- 9) 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, **15**: 446-448, 1996
- 10) Brännström M, Nordenvall KJ, Glantz PO: The effect of EDTA containing of prepared dentin: An in vitro study. J Dent Res, **59**: 1127-1131, 1980
- 11) Chiba M, Itoh K, Wakumoto S: Effect of dentin cleansers on bonding efficacy of dentin adhesive. Dent Mater J, **8**: 9-18, 1989
- 12) 長谷川誠実, 日生下剛一, 常深伸介, 本田公亮, 清水明彦, 吉岡 済: 根管象牙質の硬さと根管の封鎖性に及ぼす NaOCl および EDTA の影響, 日歯保存誌, **32**: 1646-1652, 1989
- 13) 小澤寿子, 越野孝行, 新井 高: 弱アルカリ性 3% EDTA 液の根管壁スミヤ層除去効果, 日歯保存誌, **46**: 435-438, 2003
- 14) Scelza MFZ, Antoniazzi JH, Scelza P: Efficacy of final irrigation—A scanning electron microscopic evaluation. J Endod, **26**: 355-358, 2000
- 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, **42**: 102, 1999
- 16) 竹村正仁, 畠銀一郎, 戸田忠夫: 強酸性水による根管清掃効果, 日歯保存誌, **40**: 749, 1997
- 17) 小澤寿子, 金田幸子, 篠田貴美子, 澁川陽子, 中澤孝明, 滝澤 久, 中村治郎: 酸化電位水による根管洗浄に関する研究—スメア層除去効果について—, 日歯保存誌, **39**: 752-761, 1996
- 18) 吉田浩幸, 岡 泰弘, 河野 哲, 吉田隆一: 強電解水の根管治療への応用 第2報 強酸性水を用いた根管洗浄について, 日歯保存誌, **44**: 105-114, 2001
- 19) 吉田浩幸, 齋藤達也, 米田博紀, 吉田隆一: 強電解水の根管治療への応用 第3報 強酸性水による根管洗浄の臨床的検討, 日歯保存誌, **44**: 590-593, 2001
- 20) Qinq Y, Akita Y, Kawano S, Kawazu S, Yoshida T, Sekine I: Cleaning efficacy and dentin microhardness after root canal irrigation with a strong acid electrolytic water. J Endod, **32**: 1102-1106, 2006
- 21) Sabins RA, Johnson JD, Hellstein J: A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. J Endod, **29**: 674-678, 2003
- 22) 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, 日歯保存誌, **32**: 769-777, 1989
- 23) Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S: Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. J Endod, **28**: 679-683, 2002
- 24) Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ: Biofilm formation in medicated root canals. J Endod, **28**: 689-693, 2002
- 25) Leonardo MR, Rossi MA, Silva LAB, Ito IY, Bonifacio KC: EM evaluation of bacterial biofilm and microorganisms on the apical external root surface of human teeth. J Endod, **28**: 815-818, 2002