

歯内療法のニューウェーブ

笠原 悦男

松本歯科大学 歯科保存学第2講座 (安田英一教授)

A New Trend in Endodontics

ETSUO KASAHARA

*Department of Endodontics and Operative Dentistry, Matsumoto Dental University School of Dentistry
(Prof. E. Yasuda)*

Summary

As high technology has recently been introduced in endodontics, there has been major progress in the concept, instruments and techniques of endodontic treatment. In this manuscript, present situations of this new trend were summarized and discussed by showing some new topics that attracted attention such as new changes and development of new instruments or materials.

1. Conservative treatment of infected pulp

The concept of lesion sterilization and tissue repair (LSTR) therapy was shown as a method of avoiding pulpectomy that leads to loss of the tooth as much as possible, and its effectiveness and indication were discussed.

2. The advances in root canal preparation and a new method

The history of root canal preparation techniques was reviewed, and Nickel-Titanium files with super elasticity, which have attracted much attention for the application to curved canal enlargement, were evaluated by comparing with conventional instruments.

3. Laser application to endodontics

The effects of various kinds lasers were discussed in relation to the areas of endodontics where each laser is applied.

4. Intracanal medication with calcium hydroxide

The use of calcium hydroxide, which has recently attracted attention as an intracanal medicament, was discussed, by showing its effectiveness and some technical problems in clinical application.

5. Microendodontics

Advantages and potential of endodontic procedures using dental operation microscopes were summarized.

6. New development of root canal obturation techniques and root canal filling materials

Some negative aspects of the root canal obturation technique, which is the main current method of root canal filling, were pointed out, and the obturation method that has been studied based on a new concept was discussed.

はじめに

歯科の二大疾患である齲蝕と歯周病、これらに対する治療法が、近年そのコンセプト、器材、技術などすべての面で、大きな進展を見せている。その中であって、ひとり歯内療法だけが、その特殊性からか、十年一日のごとき旧態依然としたものから抜け出せないでいる。そう思われても仕方ないほど、修復学、歯周病学の変革ぶりは強烈なものである。とはいっても、歯内療法においても、ひたひたとニューウェーブが押し寄せているのである。本稿では、この歯内療法の新しい流れを捉え、その現況を概観し、若干の論評を加えてみたいと思う。

歯髄保存の可能性

かつて歯髄は、ほとんど修復能力を持たない原始的な結合組織として位置づけられ、炎症や露出を被ったものは「失われた器官」とさえ言われた。きわめて脆弱で容易に壊死に至るだけでなく、硬組織に閉じこめられているために、耐えがたい痛みを惹起させることから、齲蝕などにより感染を被った歯髄は速やかに除去されるべきであるとされてきたし、歯髄病変の臨床診断が難しく、的確性を欠くものであることもまた、抜髄の適用範囲をさらに拡大させてしまっている。

抜髄され無髄となった歯はしかし、そのセメント質が生存していることにより機能面での予後は決して悪くはないことから、歯内療法の中心に抜髄・根管充填が置かれ、器械(具)・テクニックともに進展をみせている。現在の歯内療法をもってすれば、適切に処置された歯の予後は、90%以上の成功を収めることができ¹⁻³⁾、このことも「疑わしい症例は抜髄しておいた方が無難」といった安易な選択を助長する一因となっている。

ところが長期的な観点では、無髄歯の予後は必ずしも良好とは言えないのである。知覚と防御反応の欠如に伴う齲蝕の進行への危惧に対しては、清掃・管理を入念に行うことによる人的な防御が可能としても、複合体である歯髄からの組織液の

供給が絶たれた象牙質は、いわば「枯れ木」であり、日々朽ちていくことになる。適切な歯内療法によって快適に機能してきた歯が、何の前触れもなくある日こつ然と破折する、それも歯根の縦断破折である。こうなると、よほど好条件の整った症例には、接着・再植といった保存処置が行える場合もあるだろうが、通例は抜歯となってしまふ。この破折は処置後10年ほど経過した時点で、かなりの頻度で引き起こされることが報告されており⁴⁾、歯を失う原因として従来は歯周病などの陰に隠れていたものが、歯周管理の向上に伴い、今後さらにその実体が明らかになってくるように思われる。無髄となった歯はたかだか10年しか持たない、むろん全ての歯がそうなるわけではないにしろ、大問題である、8020など論外ということにもなりかねない。抜髄はリスクを抱えての最終処置ということになる、なんとか回避したい、その術はあるのだろうか。

歯髄に関する研究は基礎・臨床ともに近年めざましい進展をとげ、さまざまな情報がもたらされてきている⁵⁾。ほとんど修復能力を持たない脆弱な組織とされてきた歯髄が、実は条件さえ整えば、再生能力を有する強い組織であるということが解明されるや、それと呼応するように新しいコンセプトに基づいた歯髄保存療法が臨床に導入され、感染を被った歯髄さえ救おうとの試みも積極的に行われるようになってきた。短絡的には、歯髄が再生能力を有する強い組織であれば、他の組織と同様に、原因の除去と安静とによって傷害からの回復が得られるのでは、との考えが浮かぶが、そのような思案はすでに「昔」といってもいい時代から為されてきている。

齲蝕処置の大原則ともいえる軟化象牙質の徹底的な除去が原因除去の最も効果的な方法であることに異論はないものの、それによって露髄が引き起こされてしまうことに対しては議論があった。軟化象牙質を残してでも、歯髄に多大なダメージを与える露髄⁶⁾は避けるべきであるとする意見である。暫間の間接覆髄法(いわゆるIPC)は、非感染性の軟化象牙質のみられる若年者の急性深

在齶蝕に対しては有用であり、もっと積極的に応用されるべき処置法であるが、歯髓に接して感染歯質が残される場合には、仮封により急性化を導くことが懸念され、適応症から除外せざるを得なかった。そこで、残存感染歯質を消毒・無菌化することによって歯髓を保存しようとの試みが行われてきた。殺菌性と浸透性に優れた強い消毒剤を応用することは、歯髓にも致命的な傷害を加えかねないとの危惧から、患部より採取培養した細菌に対して有効で、なおかつ刺激性のない薬剤を選択して応用するという研究が行われてきたが、いずれの薬剤においても、貼薬後急性症状が現れたり、歯髓死に至って良好な結果が得られず、臨床への普及には至らなかった⁷⁾。

これまでのハードルをクリアーする糸口は、従来の技術では困難であった偏性嫌気性菌を患部より採取・培養することが可能となったことであった。齶蝕象牙質から検出される細菌の圧倒的多数が、偏性嫌気性菌であることが明らかにされたのである⁸⁾。この菌に対して特異的に殺菌効果を持つメトロニダゾールが注目され⁹⁾、岩久¹⁰⁾はこの結果を踏まえて、臨床応用には、メトロニダゾールを中心に通性嫌気性菌と好気性菌への対応として抗菌力を有する抗生物質を加えた3種混合薬剤(3 Mix)を組成し、 α -TCPを基剤とする覆髓剤に混和しての齶蝕病巣無菌化療法を発表した。

そもそも3 Mixによる療法は、特に若年者の感染歯髓の保存を目的に研究開発されたものであった。学童の萌出間もない永久歯では、齶蝕が急速に進行し、軟化象牙質の完全削除が広範な露髓を招いたり、すでに露髓しているため歯髓除去を余儀なくされるような症例が少なくない。根未完成歯の歯髓が失われることは、薄く脆弱な歯根象牙質に成熟硬化も新生象牙質の添加も行われないことから、長期的な予後は望むべくもない。根尖の形成が完了している歯でさえ前述の如くであり、無髓歯の長期的な予後を考えるとき、再生能力を十分有するとされる若年者の歯髓であれば、従来は抜髄しかないとされた症例に対しても、俗に言う“ダメモト”でもトライすべきであり、その価値があることを本法およびこれに派生した療法の臨床データが示している¹¹⁻¹⁵⁾。

しかし、いかに感染細菌に絶大な効力を有するとはいえ、メトロニダゾールや3 Mixが、付け

れば治る“魔法の薬”であるわけではない。感染歯髓の治癒を導くためには、患部の殺菌以外にも、いくつかの大きな課題が存在する。とりわけ、歯根完成期を過ぎると毛細血管網の消失、続いて細静脈網の消失、と加齢とともに静脈系の消失という歯髓の病態生理にとって重要な改築が行われる¹⁶⁾ことをしっかり認識しておかなければならない。すなわち、若い歯髓では可能であった炎症の波及を食い止めるような生体の防御機構が、静脈系の失われた老化した歯髓では炎症の第一期である静脈反応が行われないうちに、歯髓壊死に至る時間が非常に早い¹⁶⁾ということである。この点については、岩久¹⁰⁾も成人の根完成歯への適応はより慎重であるべきとしている。

成人であるからといって安易に抜髄を選択すべきでないことは述べてきた、やはり“ダメモト”でもという思いは若年者に対してと同様である。しかし、単に結果に結びつかないというだけでなく、ネックは痛みであり、無用の痛みを与えてしまうことへの危惧である。激しい痛みは、慢性痛など潜在する新たな痛みにスイッチを入れるともいわれている¹⁷⁾。いずれにせよ、貼付用薬剤としての認可がまだ得られていない3 Mixの応用も含めて、患者とのインフォームドコンセントが肝要であり、今後さらに、客観的な臨床診断基準と適応症の範囲が明確にされていかねばならない。

根管形成の新たな試み

アメリカには、歯内療法のみを専門に行う、歯内療法専門医と称するスペシャリストが存在する。全米で約3500人ほどいるとされる彼らが精通するテクニックは多面にわたるものであるが、その基盤をなすものは髓室開拡と根管拡大・形成、さらには根管充填に対してのものであると言えよう。歯の形態、とりわけ根管の解剖学的複雑性と相まって、髓室開拡と根管拡大・形成、ひいては気密な根管充填を達成する上での技術的な困難さが、難治性の症例をつくり出し、外科的療法を必要とさせる根源であることは、論を待たない。無髓歯を歯周組織に対して無害な状態にするために、何よりも肝要なのは、根管内容物の除去と、残された空隙を刺激性のない材料で気密に封鎖することであり、その両者を達成するのに最も有効なのは機械的に根管を拡大・形成することであ

る。

今や体内の管腔には、かなり遠隔の狭小部にまでファイバーが挿入され、切除や焼灼といった内側からの処置が日常的に行われる時代にあつて、根管用のファイバースコープも実用化されてきてはいるが、タングステンカーバイドの刃部を有する鋭利なリーマーですら穿通が容易でない、硬く狭細な根管には必ずしも有用とは言いがたく、根管口や分岐根管の発見、根管の拡大清掃状態の確認などに用いられる程度である。すなわち、根管治療の予後を左右するともいえるこの拡大・形成は、相変わらずリーマー・ファイルによる手探り操作にそのほとんどを依存しているのが現状である。

根管形成のための機械的操作は、個々の症例によって柔軟な対応が求められる。清掃拡大のためには積極的な削除を必要とする一方で、歯根の損傷や脆弱化を防ぐためには保守的な削除に留めたいという二面の接点を求めなければならない。歯種、歯根種、年齢、形態のバリエーションなど様々な局面で適切な処置を行うためには、解剖学的知識と経験とに裏打ちされた、熟練した技術が必要であり、アメリカでスペシャリストの存在する所以である。加えて、これらの操作は、いかに熟練しようとも、手用リーマー・ファイルによる根気と労力を伴う非能率的な作業であり、器具自体の形状や属性による限界も見据えて行われるものである。

簡便で安全な根管拡大を目指して、様々な器具やテクニックが紹介されてきている¹⁸⁻²⁰⁾。しかし、より簡便にとより安全とは元来相反するものである。大昔には手用切削器具で行われていた窩洞形成が、回転切削器械(具)の開発・導入・発展とともに飛躍的な能率化を遂げたようなわけにはいかない。根管拡大用に登場した、コントラアングルハンドピースに装着して用いるエンジンリーマーは、惨憺たる結果とともに使用してはならない器具との烙印を押されてしまった。つまり、ほとんど制御の効かない連続回転の下で、細いサイズの器具は根管に噛み込むや否やたちまち破折、一方太いサイズでは簡単には破折しない代わりに器具の剛直性も大であり、元来の根管に追従することなく直線的なドリリングによる根側への穿孔、といういずれも歯の喪失につながる危険

きわまりないものであった。これらの経験は、根管拡大は手用切削器具により安全性を優先させて行うべきである、との観念を定着させた。

K-Type のリーマー・ファイルは、いずれも根管内で回転(reaming)させて切削することができ、また根管壁をこする操作(filing)によっても切削できる。手指による慎重な操作であっても、回転切削は器具を根管内に折り込む危険性が大である。この理由から、リーマーよりも filing 効果に優れたファイルを用いて、filing 操作を主体とした根管拡大を行うことが、より安全で望ましい術式である、とされ続けてきている。

彎曲し狭窄した根管は、根管形成をより困難なものとし、スペシャリストにとってさえ挑戦し続ける対象である。根を歯周組織に対して無害なものとするためには、感染源である根管内容物を機械的拡大により根こそぎ除去するのが最も効果的な手段であり、そのためにはある程度の太さまで根管壁とともに削り取らねばならないが、切削器具のサイズアップに伴う剛直性の増加により、彎曲から逸脱した直線的な拡大を生じてしまう。このようなシビアな状況下での reaming は、器具の破断や彎曲からの逸脱を助長するものとされ²⁰⁾、あらかじめプレカーブを付与したファイルを彎曲に沿わせて長軸方向に filing する方法が推奨されてきた。しかしながら、いかにプレカーブを与えようとどの様に慎重な filing を駆使しようと、器具の剛直性による直線的な形成は阻止できず、彎曲に追従した拡大・形成は得られないことが実験的に確認されている^{30,31)}。つまり、ある程度の拡大サイズを得ようとするれば直線的な拡大を引き起こし、その結果は根管からの逸脱で内容物除去が不十分となるだけでなく、根尖孔部の破壊、レジ形成、穿孔すら生じかねない。

彎曲に追従した拡大・形成を求めて、いくつかの形成法が導入されてきたが、根管上部から中央部の根管形態を整理して可及的に直線的なアプローチを行うことと、フレキシビリティを有する細い器具に限定した拡大を行うことの二点に集約することができる。現在なお普及している方法として step back filing technique^{19,21)}があり、作業長いっぱいまで挿入する器具を No. 25 ファイルに限定した上で、小刻みに上方に向かって短縮させながらの連続したサイズアップ毎に No. 25

ファイルを反復して用いる (recapitulation) ことにより、根尖孔に近い根管領域を No. 40 程度にまで拡大・形成 (apical preparation) する方法である。比較的安全であることから広く支持されてきたこの方法は、根尖領域での使用器具が小さいサイズに限定されているために、清掃拡大不足とガッタパーチャポイントの根尖部での適合性が悪いという短所を持っていた。

一方、Roane²⁰⁾は、従来安全で適切な操作とされてきた filingこそ彎曲内側への偏向切削を導くものであり、strip perforationを引き起こす元凶であると指摘し、彎曲根管の形成にはチップカットを防ぐために先端刃部を丸めたフレキシビリティの高い器具を回転切削で用いるという、balanced force conceptを提唱した。この概念は、filing偏重に傾いていた根管形成に新たなアプローチを導くものであった。著者らの実験²²⁾においても、彎曲根管に追従しての穿通と切削を得るためには、フレキシビリティの高い拡大器具を手用で操作すること、リーミングによる形成が望ましいこと、拡大器具の先端を鈍円化しチップカットの発生を抑制するのが効果的であることなどが確認されている。

WilleyとSenia³³⁾は、彎曲からの逸脱を防ぐために、根尖部の彎曲外側と中央部の彎曲内側に接触する部分の刃部を取り除いた、新しいインスツルメントを開発した。このノンカッティングチップは、彎曲外側への逸脱を防ぐだけでなく、根管へ頭を突っ込んだ状態を保つことで、後方刃部が根管全周を均一に削除できるようにアシストするという、より積極的なパイロットの役割を果たすものである。刃部はパイロットチップの後方に数 mm のスパンでのみ付けられていて、残りの部分はハンドルまで刃部直径よりも細い円形断面のシャンク形状が付与され、刃部がないことで彎曲内側の削除を防ぐとともに、よりフレキシブルなものとして彎曲への追従性を高めている。刃部が短いとはいえ、ファイリング操作は望ましくないため、この器具は回転切削を前提としていて、手用に加えてコントラングル装着による「エンジンリーマー」的用法の再登場をもたらした。

画期的とも思われる斬新な変更が行われたインスツルメントではあったが、刃部が短く根管壁との軋轢が少ないとはいえ、エンジンリーマーが危

険であることに変わりはなく、また手用では非能率的であるなど評価は芳しくなかった^{34,35)}。刃部形態の変更や中間サイズの追加など、細部にわたる改良が行われた³⁶⁾ものの、破折の危険性が払拭できず、一部のテクニシャンを除き臨床での普及は得られなかった。

この流れは、材質に超弾性金属であるニッケルチタンを使用した拡大器具の登場とともに再び勢いを増してきた。ニッケルチタンファイルは、当初は手用としても導入されたが、超弾性であるが故に刃部の剛性、つまり切削性が劣り、通常の断面を有する刃部形態では効率の良い切削が行いにくいという弱点を合わせ持っていた。そこで新たな展開として、これまでエンジン切削用具として培ってきたノウハウを、破折の危険性が少ないニッケルチタン材質に置き換えたインスツルメントが登場した (Light Speed[®])。ニッケルチタンがいかに柔軟性と応力吸収性を有するものであるにせよ、エンジン切削での破折の危惧は払拭されるには至っていない。より安全なエンジン切削を目指して、コンピューター回路板の小孔を開けるのに使用されるドリルの技術を流用することで作製された、エンジン切削を前提とした新しい刃部形態のファイルとともに、低速回転コントラングルが開発され、刃部のテーパーにも新しい規格を備えたエンジン切削キットも市販されている (QUANTEK[®])。著者らの行った実験³⁷⁾においても、この切削システムは、従来の危険極まりないエンジン切削とは一線を画すものであり、従来の手用切削における彎曲追従性を凌ぐとさえ思われる結果が得られている。根管拡大をできるだけ簡便なものに、との願いが成就されつつあるようにも思われる一方で、安全面での信頼性は、しかしながら、なお不十分と言わざるを得ない。ニッケルチタン合金は柔軟であるが故に、刃部が根管壁に噛み込んだ際の抵抗感が認識しにくく、ファイル交換の警告となる刃部の伸びや捻れの痕跡が残されにくい。しかも、根管に刃部が強く噛み込んだ場合には、弱いモーメントであっても破断する危険性が高いことが報告されている³⁸⁾。危険性を予測して使用回数を制限するなどの措置も有効ではあろうが、高価である点もネックである。

レーザーによる歯内治療

近年、歯科治療の様々な分野にレーザーが導入され、それぞれの面で改良が加えられ、また新たなレーザーが開発されるなど、当初の試行錯誤的ともいえる応用から治療法として確立されるほどのめざましい進展をみせている。レーザーは、固体・気体・液体など媒質の種類、波長や出力の違いによって区分されており、硬組織に対する窩洞形成、軟組織の切除・止血、鈍麻・麻酔効果などそれぞれ目的に応じて使用されている。

歯内療法領域においてもレーザー治療が多面的に試みられ、成果を得ているものや、今後の展開に期待が集まっているものが少なくない。レーザーの歯内療法への応用は、象牙質知覚過敏症の症状改善に端を発する。作用機序は明確ではないものの、低出力レーザーの照射によって、組織を傷害することなく消炎・鎮痛・創傷治癒促進に効果があることが認められており³⁹⁾、装置が小型で使用方法も簡便な半導体レーザーやHe-Neガスレーザーなどを直接象牙質面に照射する方法が臨床応用されている。一方、高出力レーザーにより露出象牙質面を溶解して細管を永久的に閉鎖する方法は、外来刺激を遮断するより確実な手段であり、CO₂レーザーやNd:YAGレーザーなどで可能であるが、表面に亀裂を生じたり、発生する熱が歯髄に不可逆性のダメージを与えかねないとの懸念が存在するため、現在のところあまり推奨されてはいない。

象牙質形成促進作用を有することが報告されているNd:YAGレーザー、創傷治癒促進効果があるとされる半導体レーザーやHe-Neガスレーザーなどを窩底象牙質、露髄面、断髄面へ照射し、覆髄処置⁴⁰⁾や生活断髄処置⁴¹⁾を達成しようとの試みも行われている。

生活断髄は抜髄に比べて直視下に確実な操作が行えるとされているが、実際には熟練したテクニックを要する処置である。処置の命運を握るともいえるキーポイントは、保存すべき歯髄組織を絡めたり引き上げたりせずに、いかに歯髄組織を鋭利に切断できるかということである。エキスカベーターやラウンドバーでの切断には、“一刀両断”の如き名刀の切れ味は望むべくもない。見方を変えると、歯髄を容易に切断できる器具さえあ

れば、名人上手のテクニシャンに匹敵し得るといっても過言ではない。その器具として、レーザーが有望視されている。エキスカベーターとラウンドバーに代わる歯髄切断用具としては、レーザーに先駆けて電気メスが用いられたが、チップが髄床底や根管壁と接触することによる歯根の外部吸収やアンキローシスなどの発生が新たな問題として指摘された^{42,43)}。高出力のレーザーにおいても電気メスと同様の危惧が存在するが、出力設定や操作上の配慮によりある程度は回避できるようである⁴⁴⁾。

レーザーでの歯髄切断は、適切に応用されれば歯髄への機械的傷害が少ないだけでなく、切断面からの出血がほとんどみられないことも大きな利点である。従来法では切断面からの出血は避けられず、その出血をいかに制御するかが良好な治療を導くポイントとなる。すなわち、歯髄面に直接水酸化カルシウムなどの断髄剤を貼付するのがベストであり、凝血塊ないし凝血層のサンドイッチを可及的に回避したいのである。しかしレーザーによる蒸散でより望ましい歯髄表面を獲得し得るといふ可能性の一方で、照射出力によっては歯髄深部にまで蒸散が及んでしまったり⁴⁵⁾、歯髄内に出血巣を残存させかねないことが指摘されている⁴¹⁾。歯肉など軟組織の切除に関しても、レーザーは尖刃に比べて治療が劣る⁴⁶⁾とされており、現状では、従来の方法に比べて優れた治療傾向を有する処置法との評価を得るには至っていない。

硬・軟両組織の蒸散能を有する高出力レーザーを根管に応用することができれば、根管壁の切削、歯髄組織などの軟組織の除去に加えて、根管内の殺菌・消毒も同時に行うことが可能になる。狭い根管内にレーザー光を導くためには、リーマー・ファイルのサイズに準じたファイバーないしチップが必要である。Nd:YAGレーザーでは直径200 μmのファイバー（リーマーサイズでNo.20）が開発されており、根管内へのファイバー挿入はクリアーできたものの、レーザー光線の照射方向は前方のみで、根管壁などへの側方照射は困難であった。そのために、従来の機械的な拡大形成の補助的用法としての域を出るものではなかった。ところが最近になって、硬組織切削能力の高いEr:YAGレーザーに側方照射を可能にした照射用チップが開発され、単にチップを上下

するだけでレーザー光の照射のみによる根管拡大が可能であるとの報告⁴⁾があり、根管内での発熱や彎曲根管への対応、またチップの改良など検討すべき点は残されているものの、大変興味深い。

Er:YAGレーザーは根尖切除術にも応用され、骨除去・病巣の除去・根尖切除・根尖窩洞形成とオールマイティーな可能性が注目されている。また高出力パルス波Nd:YAGレーザーによる金属ポスト、根管充填材、破折リマーなどの根管内異物除去の試みも行われている。

レーザーの医療への応用は、新しいレーザーの開発と呼応するように、様々な領域で処置の革新をもたらし始めている。眼科では、エキシマレーザーを照射して角膜を削るという短時間の手術により、近視も乱視も治せる時代が到来したとしている。このような流れはさらに勢いを増し、近い将来には歯科治療においても、より有益なレーザーとそのテクニックが導入されることになるであろう。レーザーは、因襲的な歯科治療の概念を根底から変革する“文明の利器”ともなり得る可能性を持ったものであるが、現在使用されている各種レーザーにおいても指摘されている如く、その効力を引き出すためには、それぞれの使用目的やテクニックに精通することが必須であり、卓越した切れ味を持つ“文明の利器”は、使い方を誤ると重篤な傷害を与えかねない“両刃の剣”であることにも留意しておかなければならない。

水酸化カルシウムの根管貼薬

水酸化カルシウムほど歯内療法と関わりの深いものはない、と言えるくらい古くから使用され続けてきている薬剤である。覆髄、断髄、根管充填、アペクソゲネーシス、アペキシフィケーション、説明は不要であろう。しかし根管貼薬剤としての使用は、従来より踏襲されてきたわけではなく、新しい潮流のものである。

根管貼薬は、根管の清掃拡大のゆきとどかない領域や細管内細菌の消毒が目的であり、そのためには殺菌力と浸透性に秀でた薬剤が求められる。一方、根尖歯周組織にダメージを与えないためには刺激性のないものが望ましい。この両者を満足する薬剤など存在しないので、折衷的な薬剤が選択されることになるのであるが、どちらかという強い局所作用を有するFCが長い間使用され

続けてきている。

FCの組織刺激性について、ことに欧米ではその使用が問題化され、刺激性の低いクレサチンやCMCPなどへの変更、さらには無貼薬法までもが登場した。いみじくも無貼薬法に象徴されるのは、根管貼薬自体が根管治療における補助的なものとの評価である。さして重要でないパートであれば、発癌性まで取りざたされるような激しい薬物を使用するよりは、穏やかな作用を有するもので様子を見る、との見解もあながち見当違いではないのかも知れない。しかし、根管への細菌侵入が比較的浅層にとどまっている抜髄症例などにはそのような考えも通用しようが、重度に汚染された根管では、術式的に根管治療の要諦が満たされてさえ、棲息するすべての細菌を除去しない殺菌することは困難であり、そのことに起因すると考えられる難治症例の出現を看過することはできない。種々の薬剤の中でFCが広く使用されてきた理由が、嫌気性、好気性を問わず、すべての根管内細菌に対して非特異的に殺菌力を発揮する点にあったのは確かであろう。

根管貼薬剤としての水酸化カルシウム⁴⁸⁾は、1970年代にTronstadによって紹介されて以来、根の外部吸収例への有効性^{49,50)}などとともに注目されるようになった。Tronstadによれば、従来使用されている薬剤はすべて最初の24時間以内で効果がなくなってしまうために、根管内の壊死物質を固定することはできても、細菌に対しては持続効果がない。一方、根管に貼薬する水酸化カルシウムペーストは、pH12~13の強アルカリによる殺菌作用と持続効果とを合わせ持っており⁵¹⁾、軟組織との接触面に壊死層を形成するが生体親和性は高い。

我が国では、FCに対する批判は欧米ほどには高まらず、現在なお使用を続けている臨床家は少なくはないと思われる。批判されるほどに刺激性は認められず、予後も悪くないことを経験的に体得しているためであろう。そのためか欧米での評価にもかかわらず、我が国ではつい最近まで水酸化カルシウム貼薬は普及しなかった。水酸化カルシウム貼薬が注目されるようになったのは、難治症例への応用であった。難治症例への対応から水酸化カルシウムの持続的な殺菌効果が認知され、一般症例にもスライドしてきたものである。

貼薬剤としての水酸化カルシウムは、歯髄面や根尖部に硬組織を形成させようとの目的とは異なり、強アルカリによる殺菌効果が主眼であるので、水などと練和して作られるペーストは根管に貼付しやすいう流動性に配慮したものとなる。ただし水酸化カルシウムは非常に水に溶けにくいので、油脂成分の配合された根管シーラーのような流動性は望むべくもなく、根管への填入は簡単ではないという欠点を有している。近年、根管注入用シリンジに装填された製品が市販され、填入操作はいくぶん改善されたが、このようなプレミックス製品では水酸化カルシウムの含有率が十分とはいえない、との指摘もみられる。さらなる欠点は除去のしにくさであり、超音波洗浄が効果的との報告もあるが、面倒な操作であるだけでなく、除去できずに残留した水酸化カルシウムは、気密な根管充填を阻害する不要な存在となってしまう。

臨床応用上、操作の容易性は重要なファクターである。環境ホルモンなどがかまびすしく糾弾される時勢にあつて、ホルマリン系薬剤の使用は危惧され、淘汰される方向にあることは間違いないが、我が国だけでなく、米国歯内療法学会会員の約1/3がなおFCを使用している⁵²⁾との調査結果があることを申し添えておく。

難治性根尖性歯周炎の定義は明確ではないが、根管治療における難治症例を導く因子はいくつか挙げることができる。それら因子の大半が、根管治療の目的である根管内容物、感染源および細菌を排除しえない、という点に帰着するものである。機械的な根管拡大での内容物除去が本意な程度にしか達成できない状況では、根管消毒薬に頼らざるを得ないが、多量の汚染物質が残存したままでは、どのような根管消毒薬を用いても無菌状態は得られないとも言われている。

水酸化カルシウムに加えて、FC、メトロニダゾール、さらには菌に対する感受性調査に基づいての抗生剤を根管消毒剤として使用した臨床報告⁵³⁾では、これら薬剤のいずれもが嫌気性培養陰性を獲得するための特効薬とはなり得ず、根尖部の無菌化を達成する鍵は機械的拡大に依存するものであることを指摘している。ましてや根尖孔外にバイオフィームが形成されているような症例では、薬剤のみによる効果を期待するのは無理であ

るのかもしれない。このような症例に対しても非外科的に有効な対処を行うためには、レーザーによる根管殺菌法の進展など、従来の根管貼薬の概念とは別のアプローチも含めて、根や根管の滅菌・消毒法の新たな構築が望まれるところである。

マイクロエンドドンティクス

マイクロエンドドンティクスとは、実体顕微鏡下にて細部にゆきとどいた歯内処置を施そうというものである。医療分野での実体顕微鏡は、1950年代に耳鼻咽喉科で使われはじめ、眼科、脳神経外科、形成外科など様々な領域で広く使用されるに至っている。

歯内療法に導入されたのは1990年頃からで、はじめは根尖切除などのエンドサージェリーに応用され、次第に一般の歯内処置に広がっていったが、装置が高価なのに加えて、高倍率視野では被写界深度が極端に浅くなるために、全身麻酔下で動かない被写体を対象にする医科領域の手術と違って歯科治療では視野のピント調整がネックとなるなど、一般臨床に普及するまでには至っていない。

マイクロエンドドンティクスの長所は、光源が顕微鏡に組み込まれているので、視軸と光軸が一致し、狭い孔内の深部まで術野が明るく拡大して見えることから、肉眼では見つけられないような破折線、根管口あるいは副根管などが明瞭に見いだせることである。そもそも歯内療法とは直視し得ないところを手探りで行う処置であり、ことに狭窄した根管系では、根管口や分岐根管の有無はほとんど探針などで触知するしかなかった。このような根管口や分岐根管が顕微鏡下で視認できることの意義は大きい。

従来、触診のみで根管かどうか半信半疑な症例に対しては、穿孔や歯質の脆弱化を導くなどの危惧から、それ以上の追求が軽率には行い難く、治療の一步を踏み出せないことも少なくなかった。このような症例に対しても、実体顕微鏡で明らかに根管であることが判明すれば、その根管を開削すべく諸々の対処が行えるし、さらに根管を正しく追求できているかを顕微鏡下に確認することも可能である。

通常の根管治療への応用は、しかしまだ、治療

上の判定や確認が必要な場面でのみ実体顕微鏡を覗く程度でしかなく、他の医療分野での如く、治療全般を顕微鏡下で行うところまでは進展していない。明視野下で細密な根管処置を果たせてこそそのマイクロエンドドンティクスであるが、根管という他に例を見ない特殊でハードな環境に阻まれていると言わざるを得ない。顕微鏡下で視野を遮らない特殊な根管拡大器具なども開発され始めているが、現行の拡大器具の改良ではそれ自体限界の見えているものであり、多くは望めない。とはいえ視認下での処置が可能になれば、従来の呪縛から解き放たれた新たな発想でのマイクロマニピュレーターやマイクロインスツルメントの開発も大いに期待される場所である。

これとは対照的に、エンドサージェリーでの実体顕微鏡の応用は、根管内器具操作のような避けがたい制約がないため、他の医療分野と同様に顕微鏡を覗きながらの処置が可能であり、十分な視野の確保に加えて、新しいマイクロインスツルメントの開発とともに術式にも改良が加えられ、その治療成績を飛躍的に向上させている。

実体顕微鏡下での根尖切除術の治療成績は、成功率が95%を上回るものが報告⁵⁴⁾されており、実体顕微鏡とマイクロインスツルメントによる施術が、非常に小さい骨窩洞内で適切に行い得ることを立証している。外科処置の最大の欠点であり、侵襲を与えることになる骨欠損はできるだけ小さくとどめたい、エンドサージェリーにおける実体顕微鏡下施術が必須のものとなりつつあるのは自明である。マイクロインスツルメントにも超音波に続いてレーザーが導入されるなど、次々に新しい開発が行われている。

根管充填の展開

水酸化カルシウムが根管貼薬剤として注目されていることは前述したが、これとは裏腹に、かつて根管充填における論争の一方の旗頭でもあった根管充填材としての水酸化カルシウム、すなわち水酸化カルシウム製剤による根管充填によって根尖孔の硬組織閉鎖を得る、とする生物学的根管充填を推奨する意見は、きわめて少数派となってしまった。現在の臨床を席卷しているのは、機械的な手段であり、主として側方加圧充填法、次いで垂直加圧充填法によるいずれもガッタパーチャを

用いての根管充填である。側方加圧充填法は失敗の少ない万人向きの方法であるのに対して、垂直加圧充填法はより三次元的な封鎖を求めたテクニカルな方法である。両者ともそれぞれ評価され、臨床にも定着しており、新しい方法とはいえない。

垂直加圧充填法は、より緊密に根管封鎖を行い得る方法として関心が高く、今日に至るまでに様々な填入法や填入器械が登場したが、いずれの方法においても、填入技術はもとより器械や材料の取り扱いにも熟練、精通することが求められ、とりわけ肝腎な根尖孔部でのコントロールが難しく、安易な導入によって期待とは裏腹の結果を経験した臨床家は少なくないと思われる。このように、深刻な失敗につながりかねない垂直加圧充填法の中にあつて、比較的安易な方法として普及してきているのは、Schilderのウオームガッタパーチャ法^{55,56)}を原形として、これにいくつかの改良が加えられたものである。垂直加圧充填法で最も危惧されるのは、根尖孔外への過剰溢出であり、Schilder法では側方加圧充填法と同様に根尖部と適合したマスターコーンを使用するために、安定した結果が得られることが支持される点である。火焰で赤熱させたヒートキャリアーを用いて、根管長よりわずかに短く適合させたガッタパーチャポイントを根管上部より加熱軟化し、プラグで根尖方向に加圧することを根尖部まで繰り返し行い、再び根管後部までガッタパーチャを填入加圧して積み上げる“ダウン・バックパッキング”により、側枝や根尖分岐にまで三次元的な根管充填を目指す方法であるが、操作が煩雑であることは否めず、広く臨床普及するまでには至らなかった。

一方側方加圧充填法は広く普及し、支持されてもいる方法ではあるが、固形ポイントによる充填のため封鎖性が劣ることに加えて、スプレッダーによる側方加圧が直接ないし間接的に歯根破折を導きかねない、という欠点が存在する。この欠点に関しては、Schilder法のプラグでの加圧も問題ありとして指摘されている。安全確実で操作も容易な根管充填法を目指して、Schilder法をより簡便な術式で行うべく開発されたのが、電気式ヒートキャリアーとガッタパーチャのサーマルインジェクションシステムを用いる方法⁵⁷⁾であ

る。

Touch'n Heat から System B へと改良された電気式ヒートキャリアーは、指先のスイッチ操作で設定温度まで容易に加熱ができ、根管の太さに応じて交換可能な先端プラグーにより“ダウンパッキング”を行い、続く“バックパッキング”は加熱軟化状態に保たれたガッタパーチャをガンタイプのハンドピースで根管内に注入するだけで達成できる。“ダウンパッキング”は三次元的な充塞を可能にし、うまくいくと管外側枝や根尖分岐への填入も得られる。しかし、そのような機械的清掃の行われていない、場合によっては壊疽組織や感染物質で満たされているかもしれない副根管への加圧充填は、そのまま汚物とともに細菌を歯周組織に押し出すことになり、この点には議論がある。一方は、感染根管の難治症例では、操作の及ばない側枝や根尖分岐の内容物を垂直加圧充填によって根尖孔外に押し出すことにより、感染源をとりあえず根管内から取り払うことができ、押し出された感染源は歯周組織の生体防御機転により処理される。との意見であり、他方は、このような感染源を根尖孔外に押し出すことは、そこにバイオフィルムの構造を作ってしまう危険性を有する。との指摘である。

ガッタパーチャとシーラーによる根管充填は、いずれにしても本質的にはさして変革されたとはいえず、根管の空隙を単に物理的に閉鎖しようとしているにすぎない。修復材料として一世を風靡する勢いの歯質接着性レジンで根管充填材として応用することができれば、との考えは自然の流れといえる。とはいえ、根管という特殊な状況下である、光重合は困難であり、歯面処理剤、水洗、レジンといった応用するすべての物質の細部への到達性の問題など、修復材料を若干改良した程度のものでそのまま流用できるかどうかは疑問である。

現在研究が進められているレジン材料は、象牙質接着性に優れ、硬化後も弾性を示すため除去が容易に行えるとして、TBB を重合触媒とするフッ素樹脂の共重合体が用いられている。実験的には良好な封鎖性、生体親和性など、今後の進展を期待させる結果⁵⁸⁾が得られているが、複雑で狭細な根管の隅々への填入は修復窩洞への填塞とは次元がまったく違ったものである。たとえ強力な

接着性を有する材料であれ、填入の及ばないスペースは死腔でしかなく、臨床応用には充填法を含めてなお検討の余地があると思われるが、今後の展開に期待したい。

おわりに

日進月歩の勢いで行われていくハイテク技術などの革新のうねりが、各種医療分野に新たな流れを生み出し、その余波がもはや変わりようもないと思われた根管治療にさえ、ひたひたと押し寄せてきていることを実感させられる。

直視できない根管への器具操作は、手探りで行わなければならない、十分な解剖学的知識の下に、手がかりとなるのは頬舌方向に限られた X 線写真のみであった。しかし、根管形態を正確に把握するのに、頬舌方向からの X 線写真はきわめて不十分な情報しかもたらしてくれない。近遠心方向からの X 線写真が得られれば臨床上大変役立つことは、誰しもが認識しているが、X 線が曲げられないことも、また仮に大型の断層撮影装置などを用いたにせよとうていクリアーな像は得られないことも、やはり誰しもが承知していることであった。ところが「そんなことできっこない」はずの近遠心方向からの X 線写真が、すでに現実のものとなってきている。

デジタル口内法 X 線画像診断システムを用いて多方面から撮影を行い、それらの画像をコンピュータ処理することで、歯と周囲組織の断層像を得る。断層面は頬舌的に任意の位置に設定できるので、根管などの頬舌的な位置関係の把握が可能となり、得られた多層断層像をホログラム化して、三次元画像としても取り扱うことができるという。

最近の技術の進歩は目を見はるものがある。今後歯内療法の領域においても、さらに画期的な機器や材料が登場し、従来の常識を根底から覆すような治療法が開発されるに違いない。しかしどの様な器材であれ、十分な知識と適切な用法の下で有益となることはいつの時代でも共通であり、近遠心方向の X 線写真によって得られる利益が、X 線被曝量の増大という不利益を下地にしてもたらされることにも、心しくはならない。

X 線写真、顕微鏡やファイバースコープなどの進展によって、従来は手探りであった歯髄ならび

に根管処置は、目標を視野に捉えてのより踏み込んだ施術が可能となりそうである。とはいえ、生体の防御機構による援護を見込めない根管内では、そのすべてが術者による医療アプローチに依存するものであることに変わりはない。解剖学的に複雑な根管が、機器の進歩に伴って明瞭にされるほど、より精密な操作が要求されることになるであろうし、従来は気付くこともなく見過ごされていた細部への対応にも、術者の努力と良心とが求められることになるであろう。より簡略で能率的な処置操作からは逆行しそうにも思われるが、それによって治療成績の向上が見込まれることは間違いない。何よりも大切な点である。

新しい根管長測定器、破折歯への対応、再植・移植、変色歯の漂白など、新たな展開をみせているものは他にも少なくないが、今回は紙数の関係で割愛した。いずれ機会があれば報告したい。

文 献

- 1) 高橋健史, 鈴木健雄, 浜元雄, 赤羽隆, 河野文幸, 丸山均, 森下正志, 笠原悦男, 安田英一 (1980) 抜髄ならびに感染根管治療の臨床成績について. 松本歯学 **6** : 47-58.
- 2) 山本昭夫, 澤田周介, 小野泰男, 別府幸市, 山田博仁, 竹内博文, 矢ヶ崎雅, 高橋健史, 笠原悦男, 安田英一 (1986) 抜髄ならびに感染根管治療症例の長期観察について. 日歯保存誌 **29** : 890-900.
- 3) 笠原悦男, 安田英一 (1991) 根管形成のガイドライン. 松本歯学 **17** : 1-19.
- 4) Testori T, Badio M and Castagnola M (1993) Vertical root fractured teeth. *J Endod* **19** : 87-90.
- 5) 下野正基, 飯島国好 (1993) 治療の病理, 臨床編, 第1巻, 歯内療法, 歯髄保存の限界を求めて, 53-97. 医歯薬出版, 東京.
- 6) Seltzer S and Bender IB (1984) *The dental pulp*, 188-9. J B Lippincott, Philadelphia.
- 7) 岩久正明, 星野悦郎, 子田晃一 (1996) 抗菌剤による新しい歯髄保存法 **12**. 日本歯科評論, 東京.
- 8) Hoshino E (1989) Predominant obligate anaerobes in human carious dentin. *J Dent Res* **64** : 1195-8.
- 9) 子田晃一, 星野悦郎, 佐藤ミチ子, 安藤直美, 岩久正明 (1987) メトロニダゾールのう蝕治療への応用, (第1報) メトロニダゾールのう蝕象牙質感染細菌に対する in vitro での殺菌効果と α -tricalcium phosphate セメントに対する材料学的影響. 日歯保存誌 **30** : 147-51.
- 10) 岩久正明 (1994) う蝕治療のための新しい抗菌的アプローチ感染歯質・歯髄保存法と難治感染根管対処法 I・II **624** : 151-60, **625** : 153-66.
- 11) 下野正基, 飯島国好 (1993) 治療の病理, 臨床編, 第1巻, 歯内療法, 歯髄保存の限界を求めて, 43-52. 医歯薬出版, 東京.
- 12) 飯島国好 (1995) 象牙質/歯髄の臨床. 日本歯科評論 **629** : 70-82.
- 13) 岩久正明, 星野悦郎, 子田晃一 (1996) 抗菌剤による新しい歯髄保存法, 96-121. 日本歯科評論, 東京.
- 14) 倉持貞子 (1998) 長期観察例から学ぶ歯髄の保存, ケミカルサージェリーと IPC 法による歯髄の保存 1・2. 歯界展望 **91** : 1337-49, **92** : 107-19.
- 15) 今井文彰 (1999) *New Endodontics*; いかにしたら深在齶蝕から歯髄を守るか, 26-50. 歯界展望別冊, 医歯薬出版, 東京.
- 16) 下野正基, 飯島国好 (1993) 治療の病理, 臨床編, 第1巻, 歯内療法, 歯髄保存の限界を求めて, 224-49. 医歯薬出版, 東京.
- 17) 横田敏勝 (1997) 臨床医のための痛みのメカニズム, 南江堂, 東京.
- 18) Frank AL (1967) An evaluation of the Giro-matic endodontic handpiece. *Oral Surg* **24** : 419-21.
- 19) Mullaney TP (1979) Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin North Am* **23** : 575-92.
- 20) Abou-Ross M, Frank AL and Glick DH (1980) The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc* **101** : 792-4.
- 21) Goerig AC, Michelich RJ and Schultz HH (1982) Instrumentation of root canals in molars using the step-down technique. *J Endod* **8** : 550-4.
- 22) Morgan LF and Montgomery S (1984) An evaluation of the crown-down pressureless technique. *J Endod* **10** : 489-91.
- 23) 森谷浩司 (1984) 超音波応用による根管拡大装置に関する研究. 日歯保存誌 **27** : 333-60.
- 24) Roane JB, Sabala CL and Duncanson MG (1985) The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* **11** : 203-11.
- 25) Tronstad L, Barmett F and Frasca P (1985) Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endo Dent Traumatol* **1** : 69-76.

- 26) Wildey WL and Senia ES (1989) A new root canal instrument and instrumentation technique : a preliminary report. *Oral Surg* **67** : 198-207.
- 27) 笠原悦男, 汲田 剛, 山本昭夫, 竹内博文, 関澤俊郎, 鬼澤 徹, 安田英一 (1990) 試作根管用ダイヤモンドポイントによるフレアー形成について. *日歯保存誌* **33** : 1046-54.
- 28) Saunders WP and Saunders EM (1992) Effect of noncutting tipped instruments of the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. *J Endod* **18** : 32-6.
- 29) Ingle JI and Taintor JF (1985) *Endodontics*, 3rd ed., 200-8. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 30) Weine FS, Kelly RF and Lio PJ (1975) The effect of preparation procedures on original canal shape. *J Endod* **1** : 255-62.
- 31) 笠原悦男, 三浦康司, 小野泰男, 山本昭夫, 安田英一 (1992) 彎曲根管の拡大・形成について, (第1報) 市販手用リーマー・ファイルの拡大・形成効果の比較. *日歯保存誌* **35** : 836-45.
- 32) 笠原悦男, 小野泰男, 山本昭夫, 安田英一 (1993) 彎曲根管の拡大・形成について, (第2報) 切削様式による彎曲追従効果. *日歯保存誌* **36** : 176-84.
- 33) Wildey WL and Senia ES (1989) A new root canal instrument and instrumentation technique : A preliminary report. *Oral Surg* **67** : 198-207.
- 34) Hankins P and El-Deeb M (1991) An evaluation of the Canal Master, balanced force and step-back techniques [Abstract 23]. *J Endod* **17** : 193.
- 35) Zuolo ML, Walton RE and Murgel CAF (1992) Canal Master files : Scanning electron microscopic evaluation of new instruments and their wear with clinical usage. *J Endod* **18** : 336-9.
- 36) Widley WL, Senia ES and Montgomery S (1992) Another look at root canal instrumentation. *Oral Surg* **74** : 499-507.
- 37) 平岩孝英, 日高 修, 木村卓也, 関澤俊郎, 山本昭夫, 笠原悦男, 安田英一 (1997) QUANTEC ファイルの応用. *松本歯学* **23** : 232-3.
- 38) 大内章嗣 (2000) ニッケルチタン製根管治療器具の機械的性質に関する研究, 特に回転駆動式根管チップのねじり試験および曲げ試験による評価. *日歯保存誌* **43** : 23-32.
- 39) 松本光吉, 船井博雄, 白須賀哲也, 若林 始 (1985) Nd : YAG Laser による歯頸部知覚過敏症の除痛効果について. *日歯保存誌* **28** : 760-5.
- 40) 海老原 新, 関根義朗, 竹田淳志, 須田英明 (1992) Nd : YAG レーザーの直接覆髄法への応用に関する研究. *日歯保存誌* **35** : 876-86.
- 41) 海老原 新 (1989) Nd : YAG レーザーの生活断髄法への応用に関する実験的研究. *日歯保存誌* **32** : 1670-84.
- 42) 戸村二郎, 長田 保 (1957) 高周波電流による歯髄処置に関する実験的研究 (動物実験). *口病誌* **24** : 24-39.
- 43) 鈴木健雄, 倉科雄二, 高橋健史, 早川芳春, 丸茂清信, 石橋威郎, 安田英一 (1977) 生活歯髄切断法についての新しい試み. *日歯保存誌* **20** : 234.
- 44) 関根義朗, 和達礼子, 海老原 新, 竹田淳志, 須田英明 (1996) Nd : YAG レーザーの根管内照射による歯周組織への影響. *日本レーザー歯学誌* **7** : 12-21.
- 45) 北村慶史, 加藤喜郎 (1999) レーザー照射と高分子接着性レジンによる直接歯髄覆髄が露髄部の創傷治癒に及ぼす効果に関する病理組織学的研究. *日歯保存誌* **42** : 461-77.
- 46) 松本光吉 (1999) 歯科用レーザーの最前線, 各種疾患への臨床応用, 180-4. DENTAL DIAMOND 臨時増刊号, デンタルダイヤモンド社, 東京.
- 47) 庄司 茂 (1999) 現代の根管治療の診断科学 ; レーザーの歯内療法への応用, 66-70, '99別冊 the Quintessence, クインテッセンス出版, 東京.
- 48) 松本光吉, 木村裕一 (1996) 水酸化カルシウムによる根管貼薬法の実際, 13. デンタルテクニクス **10**, 口腔保健協会, 東京.
- 49) Tronstad L (1991) *Clinical endodontics, a textbook*, 146-8. Thieme medical publishers, New York.
- 50) Trope M (1995) Short vs long-term calcium hydroxide treatment of established inflammatory root resorption in replant dog teeth. *Endod Dent Traumatol* **11** : 124-8.
- 51) Tronstad L, Andreassen JO, Hasselgren G, Kristenson L and Riss I (1981) pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* **7** : 17-21.
- 52) 須田英明, 戸田忠夫, 中村 洋 (1999) 現代の根管治療の診断科学, 156-77. '99別冊 the Quintessence, クインテッセンス出版, 東京.
- 53) 木原芳郎 (1998) チェアーサイド嫌気培養システムによる根管治療. *歯界展望* **91** : 603-16.
- 54) Rubinstein RA and Kim S (1999) Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material. *J Endod* **25** : 43-8.
- 55) Schilder H (1967) Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* 823-44.

- 56) Gerstein H (ed.) (1983) *Techniques in clinical endodontics*, 76-97, WB Saunders, Philadelphia.
- 57) Cohen S and Burns RC (eds.) (1998) *Pathways of the pulp*, 7 th ed., 258-361. C.V. Mosby, St. Louis.
- 58) 須田英明, 戸田忠夫, 中村 洋 (1999) 現代の根管治療の診断科学, 35-9. '99別冊 the Quintessence, クインテッセンス出版, 東京.