

# 3 Mix

## 新たな歯内療法術式

### ——薬剤を主体とした根管内清掃と無菌化療法

かわだ とし あき  
柏田 聡明

恵愛歯科

〒160-0023

東京都新宿区西新宿 7-10-6 西新宿小林ビル3F

#### はじめに

感染根管治療における根管拡大・根管清掃の最終目的は、根管内の抗原性物質を除去することである。そのためには歯髄組織はもとより細菌および細菌に感染しやすい根管壁象牙質の有機質を徹底的に除去することが必要であるが、このことによって得られる“無菌化”が特に重要と考えられる。

従来の感染根管治療においては、機械的根管拡大により感染象牙質を徹底的に除去した上で、その根管を緊密に封鎖することが目標とされてきた。細菌に汚染された歯質と根管拡大後の根管壁象牙質に形成されるスミア層の清掃には次亜塩素酸ナトリウム水溶液と過酸化水素水によって交互洗浄を行うなどの薬剤の使用もなされてきたが、感染象牙質除去の主体はあくまで機械的拡大にあったと言える。こうした術式は一定の成果を収めてきたものの、無菌化という観点、および歯質の保存という観点から見ても、十分効果的であったとは言い難い。すなわち、

この機械的拡大は「無菌化」と「完全な清掃」からはほど遠い存在であり、根管が必要以上に大きく拡大される結果、残存歯質が薄くなり、せっかく治療した歯が破折などで保存不可能になってしまう症例が後を絶たないからである。

このような問題を解決するには、機械的拡大に頼るのではなく、機械的拡大は最小限にとどめて薬剤を利用する方法に転換することが考えられる。しかし残念ながら、これまでは薬剤を主体にして根管の清掃と無菌化を達成する方法は重きをおかれてこなかった。

筆者は過去に、象牙質の接着修復の前処理として象牙質被着面をリン酸と次亜塩素酸ナトリウムで処理すること(ADゲル法)により、スミア層と象牙細管内の有機質が除去されて象牙質への接着強さが大幅に向上することを報告した<sup>1)</sup>。この方法を根管内に適用すれば、根管壁のスミア層が確実に除去できることはもちろん、使用される薬剤は根管壁ばかりか開口された象牙細管や側枝にまで浸透するため、根管拡大が最小限ですむ可能性があると考えた。そ



図1 3Mix 原法ではメトロニダゾール (MN)、ミノサイクリン (MINO)、シプロフロキサシン (CPFX) の3種の抗菌剤を用いるが、当院ではMINOに代えてセファクロル (CCL) を用いた3Mix (代替) を使用している。抗菌剤としての効果を維持するため密閉して暗所に保存し、使用する直前にミックスしている。

ここで、まずこれらの薬剤によるスミア層の除去効果を確認すべく基礎的研究を行い、次いで、根管壁清掃後の象牙細管内の有機質除去の程度を確認し<sup>2,3)</sup>、さらに根管壁深部象牙質に対する抗菌剤<sup>4,5)</sup> (3Mix：代替、図1) の浸透・殺菌効果について検討して<sup>6)</sup>、臨床応用の可能性を探ってきた。

本稿では、それらの研究結果と、その結果に基づいた新しい根管治療の術式を紹介することにしたい。

## I. 従来の根管拡大・根管清掃法の問題点

前述のように、感染根管治療における根管拡大・根管清掃の最終目的は根管内の抗原性物質、特に細菌を除去することである。根管内の細菌はスミア層、象牙細管、側枝の中に存在することを考慮すれば、これらの部位の有機質を除去することは感染根管治療の必須の要件と考えられる。

従来の根管拡大・根管清掃法では、一般的にリーマーやファイルによる機械的な拡大に加えて、次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (以下、NaOCl) と過酸化水素水 (以下、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) による交互洗浄が行われている。しかしながら、リーマーやファイルで拡大を行うと根管壁象牙質にはその切削片からなるスミア層が形成される。NaOCl は優れた有機質溶解性と強力な殺菌作用を有するが、NaOCl と H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> による交互

洗浄を行っても、有機質の軟化・溶解により根管壁に付着するこのスミア層を取り除くことはできないと報告されている<sup>7)</sup>。

そこで筆者らは、実際に NaOCl と H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> による交互洗浄を行いスミア層の除去効果を調べてみた。根管壁に形成されるスミア層を図2に示す。これらは臨床で用いられているリーマー、Hファイル、Kファイルそれぞれを最終拡大に用いて、10% NaOCl 製剤 (「ネオクリーナー」ネオ製薬工業<sup>(株)</sup>製) と3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> による交互洗浄下で、通法に従い#80まで拡大した後の根管壁表面と断面のSEM像である。いずれも根管壁はスミア層で覆われており、特にファイルで拡大したものはスミア層が根管壁表面に均一に厚く形成・付着していることがわかる。

## II. 薬剤による根管壁清掃後の象牙質における有機質除去の程度

### ADゲル法による根管壁の清掃効果

40%リン酸 (「K-エッチャント」クラレメディカル<sup>(株)</sup>製、図3左) と10%次亜塩素酸ナトリウムゲル (「ADゲル」クラレメディカル<sup>(株)</sup>製、図3右) を用いた歯面処理によってスミア層の除去効果、象牙細管内有機質の除去程度を確認する目的で、歯面処理した根管壁面のレジンによるレプリカ標本作製し、象牙細管に進入したレジntagの状況を観察した。得られたレプリカのSEM像を図4に示す。

Hファイルによる根管拡大後、歯面処理を施さなかったもの (図4-a) やADゲルのみにより処理を行ったもの (図4-b) は、スミア層が存在するためにレジntagが全く形成されていない。一方、K-エッチャントGELのみにより10秒間処理したもの (図4-c)、およびK-エッチャントGEL10秒間処理後ADゲルにより2分間処理したもの (図4-d) にはレジntagの形成が認められた。図4-cと図4-dとを比較すると、K-エッチャントGEL処理後ADゲルにより処理した図4-dのほうがレジntag



図2 根管壁に形成されたスミア層（根管壁断面のSEM像）。  
a：リーマー使用 b：Hファイル使用 c：Kファイル使用

図3 40%リン酸ゲル「K-エッチャント GEL」（左）と、10%次亜塩素酸ナトリウムゲル「ADゲル」（ともにクラレメディカル製）。

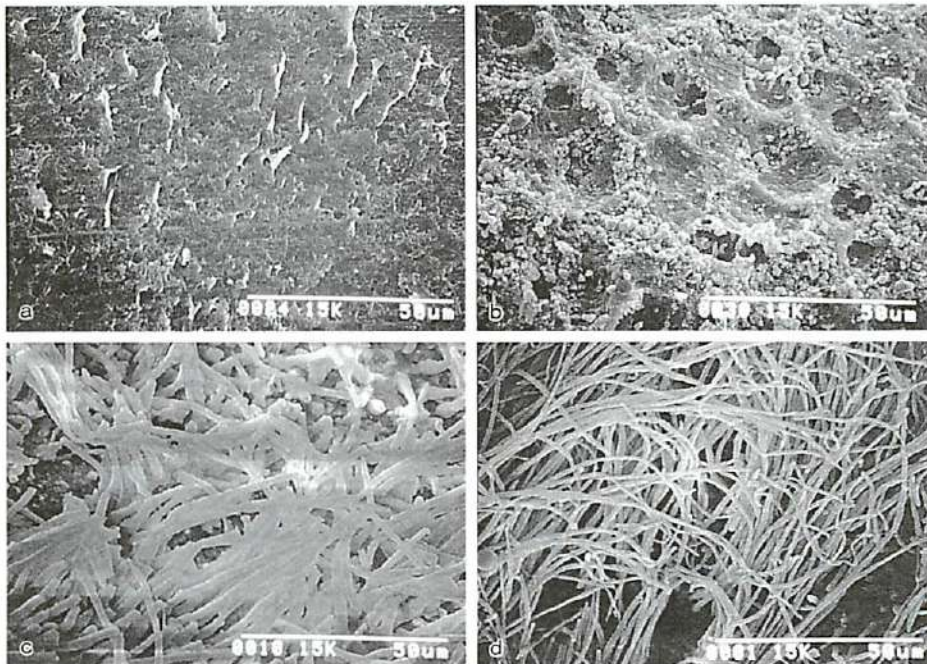


図4 歯面処理した根管壁表面のレプリカのSEM像。  
a：歯面処理なし。  
b：ADゲルのみにより2分間処理。  
c：K-エッチャント GELのみにより10秒間処理。  
d：K-エッチャント GEL10秒間処理後、ADゲルにより2分間処理。

グが明らかに長く侵入しており、その長さは100~300 $\mu$ mに及んでいた。

すなわち、K-エッチャント GEL と AD ゲルを併用した処理 (AD ゲル法) では、象牙細管内に存在する有機質を溶解する程度まで AD ゲルが作用したものと考えられる。

### Ⅲ. 根管壁清掃と抗菌剤 (3Mix : 代替) による象牙質内の殺菌効果

K-エッチャント GEL と AD ゲル処理によって、象牙質内の有機質を象牙細管内も含め確実に溶解・除去できることが確認できた。そこで、新潟大学歯学部歯科保存学第一講座 (現口腔健康科学講座う蝕学分野) の岩久正明教授と同口腔細菌学講座 (現口腔健康科学講座口腔環境・感染防御学分野) の星野悦郎教授に細菌を用いての実験を依頼したところ、快く引き受けていただき、実験結果についても紹介させていただけることになった。

行った実験は、まず AD ゲル法の根管壁深部象牙質内の細菌に対する殺菌効果を確認する実験と、metronidazole を主剤とした三種混合抗菌剤 (3Mix : 代替) と AD ゲル法による処理の併用による殺菌効果を確認する 2 種類の実験であるが、今回は誌面等の都合により後者の実験を主に紹介する。

#### 1. 根管壁深部象牙質内の細菌に対する殺菌効果

ヒト新鮮抜去単根歯の歯冠を切断後、#2 ピーソラーにて根管拡大し、図 5 に示すように、滅菌スチールバーを用いて根管から 1 mm 離れた歯根切断面に直径 1 mm、深さ 3 mm の窩洞を根管と平行に根管周囲に 4 個形成した。窩洞、根管周囲にワックスで隔壁を形成し、15% EDTA 浴下で窩洞を超音波洗浄後、生理食塩水にて洗浄した。これらの歯を無作為に 4 群に分けて、以下の根管洗浄を行った (用いた生理食塩水は 10ml、10% NaOCl は 0.5ml、

3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> は 0.5ml である)。

- ① 生理食塩水で洗浄。
- ② 10% NaOCl と 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> で交互洗浄 (計 2.5 ml)。
- ③ 10% NaOCl と 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> で交互洗浄 (計 2.5 ml) 後、K-エッチャント GEL をリーマーを用いて根管内に送り込み、10秒間処理。次いで生理食塩水、10% NaOCl、生理食塩水の順で洗浄して乾燥、さらに AD ゲルで 120秒間処理し、生理食塩水で洗浄。
- ④ EDTA 浴下で #15 K ファイルを用いて 60秒間超音波洗浄、その後 10% NaOCl 浴下で 60秒間超音波洗浄、最後に生理食塩水で洗浄。

—以上の各方法で根管洗浄後、直ちに 5% チオ硫酸ナトリウム水溶液で 10% NaOCl を中和し、生理食塩水にて洗浄した。窩洞に *E. coli* 菌液を 2 $\mu$ l 入れ、ワックスで密閉した後、根管に 3Mix (代替) を 1.5mg 貼薬し、同じくワックスで密閉した。術直後、8、24、48時間後に窩洞より菌液を回収し、CFU を測定した。

その結果、①と②の群では 48時間後にも菌の減少は認められなかったのに対して、3Mix (代替) を貼薬した③と④では生育コロニー数は時間とともに減少し、③では 24時間後に、④では 48時間後に菌が全く検出されなくなった (表 1)。これは、スミア層を除去し象牙細管を開口することで、薬剤の浸透が促進されたためと思われる。

#### 2. 実験結果

これらの実験により、以下のことが明らかになった。

- ① 根管壁のスミア層は 10秒間のリン酸エッチング処理により除去できる。
- ② リン酸エッチング (10秒間) と AD ゲル (2分間以上) を併用した AD ゲル法による根管清掃法は、スミア層除去とともに、根管壁深部象牙質内

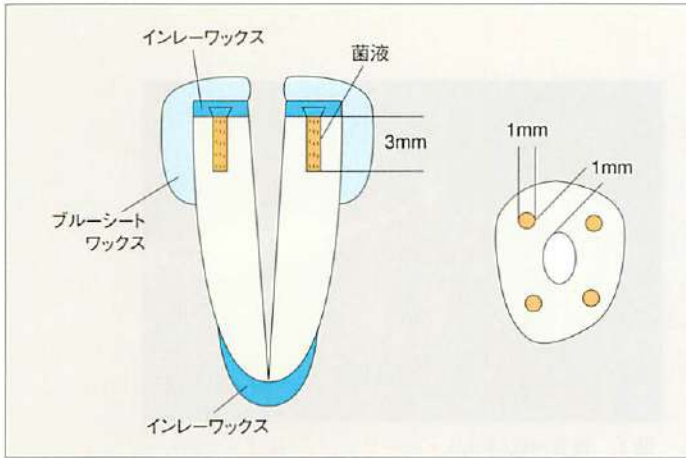


図5 根管壁深部象牙質内の細菌に対する殺菌効果を確認するための感染根管モデル (田中ら, 1996<sup>6)</sup>より引用).

表1 種々の根管洗浄法が薬剤 (3Mix: 代替) の象牙質浸透性に及ぼす影響を調べた実験結果

根管洗浄法	試料	time-0	8 h	24h	48h
				log <sub>10</sub> (CFUs ml <sup>-1</sup> )	
生理食塩水	control	5.32	NT	NT	6.26
	1	5.40	5.43	4.90	4.15
	2	5.38	5.23	4.74	4.62
	3	5.56	4.48	4.57	4.04
10% NaOCl と 3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (計2.5 ml)	control	5.52	NT	NT	5.11
	1	5.43	4.88	5.08	4.04
	2	5.51	4.63	4.20	4.00
	3	5.20	3.15	3.63	3.82
K-エッチャント GEL (10秒間) + AD ゲル (120秒間)	control	5.78	NT	NT	5.36
	1	5.18	4.60	< 1	< 1
	2	5.92	4.48	< 1	< 1
	3	5.52	2.48	< 1	< 1
超音波洗浄 15% EDTA 液 (60秒間) + 10% NaOCl 液 (60秒間)	control	5.76	NT	NT	5.82
	1	5.42	3.15	2.48	< 1
	2	5.74	2.23	1.48	< 1
	3	5.40	2.70	< 1	< 1

NT : not tested

(田中ら, 1996<sup>6)</sup>より引用)

(100~300μm) の有機質を溶解・除去できる。

- ③ 3Mix (代替) をADゲル法と併用することで3Mix (代替) が速やかに根管壁深部まで浸透し、感染根管壁深部象牙質内の細菌の殺菌にとってより高い効果が得られる。根管壁深部象牙質内の細菌を3Mix で効果的に殺菌するには、根管壁のスマア層を除去することが必須である。

#### IV. 薬剤を主体にした新たな感染根管治療術式

以上の実験結果をもとに、約5年前から筆者は、機械的拡大に頼るのではなく、機械的拡大は最小限にとどめ、薬剤を主体にして根管の清掃と無菌化を達成する新たな臨床術式を考案し検討してきた<sup>2,3)</sup>。その結果、これまでの治療法と比較して治療回数の少ない、予知性の高い治療が可能になってきた。

そもそも感染根管治療の要件は、根管内から抗原

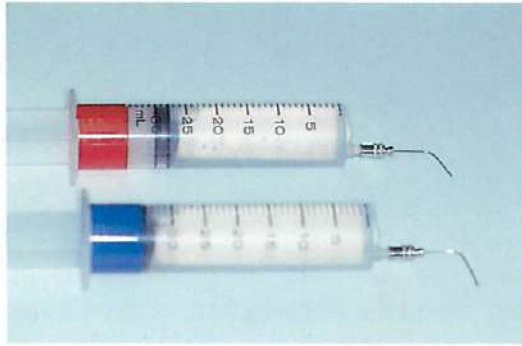


図6 ADゲル（強アルカリ）とK-エッチャントGEL（強酸）を洗浄・中和するための超酸性水（上）と超アルカリ水（下）、それらを用いるためのシリンジ。

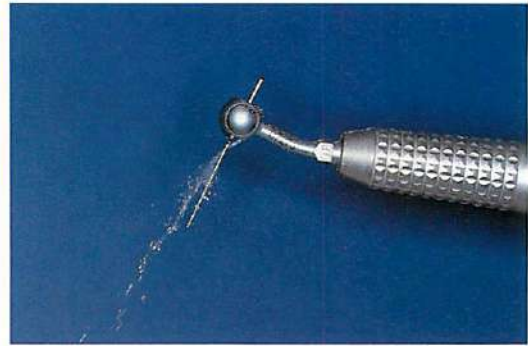


図7 根管内洗浄器具「ルーティアー」(株ヨシダ製)。

性物質，特に細菌を除去することである。そのため臨床的には，まず必要と思われる大きさまで機械的拡大を行い，次にスミア層の除去，さらに側枝を含めた根管壁深部象牙質内の細菌を除去することであろう。

そこで，以下に筆者らが実際に行っている治療術式を紹介する。

### 薬剤を主体にした感染根管治療の実際

#### ①機械的拡大：

根管長を計測し，根管充填を可能にする目的で最小限の根管拡大を行う。その際，スミア層の無菌化とファイル等の破折防止のため，ADゲルを塗布して拡大を行う。

#### ②洗浄・中和：

超酸性水（図6）をシリンジで根管口に注水しながら，拡大に用いたよりも細いファイルを根管内で上下に動かし，洗浄・中和する。超酸性水がない場合には精製水を多めに注水する。なお，洗浄をより確実に行うには根管内洗浄器具「ルーティアー」(株ヨシダ製，図7)を使用すると便利である。

#### ③乾燥：

根管内バキュームを使用して吸水・乾燥を行う。大部分の水は吸引できる。根管内バキュームは既製のもの（「エンドバキュームB」長田電機工業(株)

製）があるが，「ルートキャナルシリンジ」（ネオ製薬工業(株)製）を途中で切断しバキュームエジェクターに接続して使用すると，細さ，柔軟性，透明性があり便利である。また，歯冠部が失われてラバーダムを用いるのが困難な下顎臼歯の根管治療で，洗浄・中和に大量の水を用いる場合には「ZOO」（TAO 東洋医学研究会製）のような器具を用いると特に便利である（図8）。

#### ④スミア層の除去：

K-エッチャントGELを根管口に滴下し，拡大に用いたよりも細いファイルを上下に動かし，根尖まで塗布する（約10秒間）。根管が大きい場合には，綿花ブローチで根尖まで確実に塗布する。

#### ⑤洗浄・中和：

超アルカリ水を使用して②と同様に行う。

#### ⑥乾燥：

③と同様に行う。

#### ⑦根管壁深部象牙質の有機質の除去

##### （第1の殺菌処置）：

ADゲルを根管口に滴下し，拡大に用いたよりも細いファイルを上下に動かし，根尖まで塗布する（約2分間）。根管が大きい場合には，綿花ブローチで根尖まで確実に塗布する。根尖病巣が大きい場合などでは⑤～⑦を再度行う。

#### ⑧洗浄・中和：

超酸性水を使用して②と同様に行う。

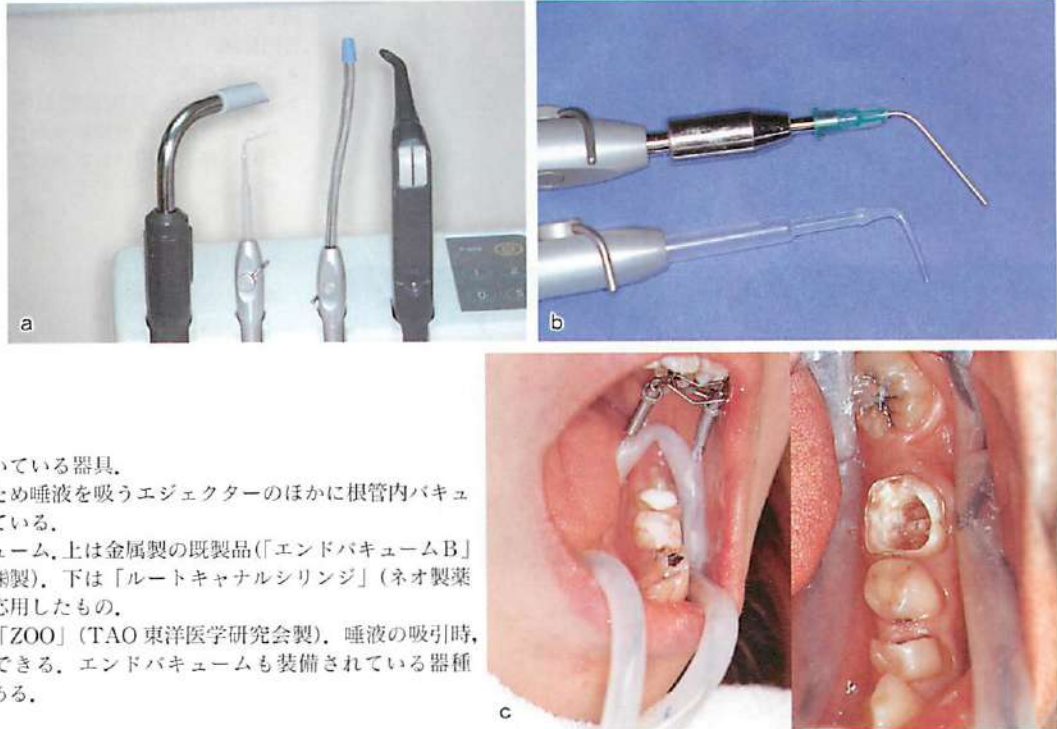


図8 乾燥に用いている器具。  
 a：根管治療のため唾液を吸うエジェクターのほかに根管内バキュームを装備している。  
 b：根管内バキューム。上は金属製の既製品(「エンドバキュームB」長田電機工業(株)製)、下は「ルートキャナルシリンジ」(ネオ製薬工業(株)製)を応用したもの。  
 c：唾液吸引器「ZOO」(TAO 東洋医学研究会製)。唾液の吸引時、舌、頬が排除できる。エンドバキュームも装備されている器種「ZOOα」もある。

⑨乾燥：

③と同様に行う。

⑩3Mix(代替)-Pの塗布(第2の殺菌処置)：

3Mix(代替)をプロピレングリコールで溶いて乳液状になった3Mix(代替)-P(当院ではマクロゴール(M)は加えず、粘稠度の低い状態で使用している。この方法では硬化が早いので、使用する際に混和する)を根管口に塗布し、拡大に用いたよりも細いファイルを上下に動かし、根尖まで塗布する。根管が大きい場合には、綿花ブローチまたはレンツロで根尖まで確実に塗布する。

⑪根管充填：

48時間以上経過後症状のないことを確かめて、根管充填を行う。根管長を再度確かめ、最終の殺菌処置⑦を行う。洗浄・中和は前述の方法で行い、乾燥は根管内バキュームを使用して吸水・乾燥した後にペーパーポイントを用いてさらに吸水・乾燥を行うが、その際、根管が乾燥されていることを確かめることが大切である。乾燥を確認する

ためにはブローチ綿花よりペーパーポイントのほうが確認しやすい。

根管充填は接着剤を用いた接着根充でない以上、いずれの方法を行っても封鎖は確実でないが、根尖までできるだけ密封するように心がけて行うべきであろう。

⑫根管充填後の根管内の無菌化の維持：

根管充填後に支台築造を行う場合には、注水して根管形成し、直接法ではADゲル法により無菌状態で築造を行う。間接法の場合には、印象後、根管内の細菌感染を防ぐために根管内に3Mix(代替)-Pを接着修復治療に用いるスポンジに浸して塗布し、仮封する。ポストは必ず接着剤を用いて合着すべきであるが、その際もADゲル法を用いるとより無菌的に行うことができる。封鎖は根管充填のみに頼るのではなく、接着剤でポストを接着することによってより確実な封鎖・無菌化を維持できると考える。

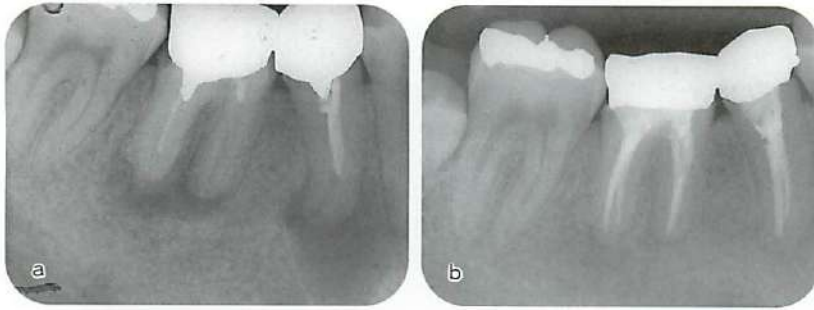


図9 3Mix(代替)-PとADゲル法を併用した55の根管治療例。  
a：治療直後。  
b：6カ月後、暫間被覆冠として金属冠で経過観察。さらに数カ月、治療結果が良好になることを確認してから、接着を用いレジン築造を伴った最終補綴を行う予定。

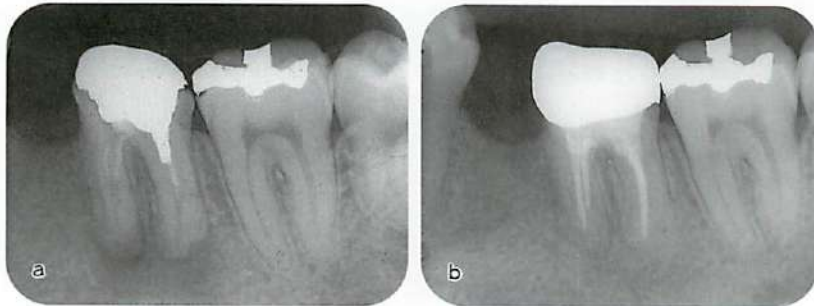


図10 3Mix(代替)-PとADゲル法を併用した6の根管治療例。  
a：治療直後。  
b：8カ月後、金属冠で経過観察。経過良好のため最終補綴を行う予定。

## まとめ

従来の機械的拡大を主にした感染根管治療は、根管内の抗原性物質、特に細菌の除去が確実でなかった。そのため治療回数も多く、予後不良なものが多く見られたが、筆者の診療室ではADゲル法と3Mix(代替)を併用する薬剤を中心とした治療法を取り入れることにより、治療回数も大幅に減少し、治癒率も向上している(図9・図10)。

根管充填の時期を決めるには、根管内の細菌検査を行うのがベストであるが、保険診療の範囲で行うにはコストや操作性の面で難しく、一般的には普及していないのが現状である。従来の治療法で細菌検査を行わない場合には、何回も根管貼薬をし、痛みがなく根尖からの滲出液や血液が認められなくなった頃を根管充填の時期の目安としてきたと思う。しかし、感染根管治療は根管内から抗原性物質、特に細菌を取り除くことができれば、その時点を根管充填の可能な時期と考えるべきであり、ADゲル法と3Mix(代替)併用法は実験結果やこれまでの臨床経験から、根管を積極的に無菌化し十分に乾燥することによって、治療回数を減らし治癒率も向上させる

ことができたと考えている。

3Mixなどの抗菌剤を使用することにより、感染根管治療が大幅に改善されることは確かである。一方で、耐性菌が出現するなどの危惧から抗菌剤の使用を嫌う先生方もおられるが、ADゲル法を用いれば、すべての症例に抗菌剤を用いる必要はなく、症例によっては水酸化カルシウムで十分な場合も多い。抗菌剤を使用しなくてはならない場合には、短時間で効果が上がる方法によって、それらの危惧をより少なくするようにすべきであると考え。

## 文献

- 1) Kashiwada, T: *In vivo* bond strength of a new dental adhesive to dentin. IADR/AADR General Session and Exhibition, March, 10-14, Chicago IL, 1993.
- 2) 柏田聡明, 橋本武典, 加藤正治, 川田二朗: リン酸と次亜塩素酸ナトリウムの根管清掃への応用. 日歯保存誌, 40: 397-405, 1997.
- 3) 柏田聡明, 森田 誠, 加藤正治, 橋本武典: リン酸と次亜塩素酸ナトリウムの根管治療への応用—新たな歯内療法術式を求めて—. 歯界展望, 94: 329-345, 1999.
- 4) 星野悦郎, 宅重豊彦: 3Mix-MP法とLSTR療法. 日本歯科評論社(現ヒョーロン・パブリッシャーズ), 東京, 2000.
- 5) 宅重豊彦, 星野悦郎: 3Mix-MP法による感染根管治療成績. 日歯保存誌, 41: 970-974, 1998.
- 6) 田中亜紀子, 今村麻枝男, 隅田光弘, J. Huque, 星野南美, 子田晃一, 岩久正明, 星野悦郎, 柏田聡明: 根管壁深部象牙質中の細菌に対する各種根管清掃法の殺菌効果に関する研究. 日歯保存誌, 39: p160, 1996.
- 7) 七里泰温, 吉田隆一, 神原 新, 関根一郎, 向山嘉幸: 根管清掃剤使用後の根管壁面の走査型電顕による検索. 日歯保存誌, 22: 161-168, 1979.