

〔総説〕 松本歯学 17 : 1 ~ 19, 1991

key words : 根管形成 - 拡大基準 - 系統的研究

## 根管形成のガイドライン

笠原悦男, 安田英一

松本歯科大学 歯科保存学第2講座 (主任 安田英一 教授)

### Guidelines for Root Canal Preparation

ETSUO KASAHARA and EIICHI YASUDA

*Department of Conservative Dentistry, Matsumoto Dental College  
(Chief : Prof. E. Yasuda)*

#### Summary

In order to obtain as good a preparation as possible for root canals, which can never be examined directly, appropriate guidelines for mechanical instrumentation are necessary. We conducted a series of experiments to investigate how large the apical portion of the root canal should be prepared during instrumentation in order to assure adequate debridement without risking destruction of the apical portion of the tooth.

Anatomical studies, including those we have conducted, have shown that even root canals having a wide, ribbon-like form generally taper to a narrow constriction just short of the apical foramen. Accordingly, instrumentation close to the foramen can be expected to increase the possibility of producing a circular preparation. But the conventional guideline once commonly given for the final size of the preparation was found to be usually inadequate for providing a circular apical preparation, even when instrumentation was conducted to 0.5 mm from the foramen.

A set of guidelines for apical enlargement, suggested by Yasuda, advocates a uniform size of enlargement given the type of tooth and canal configuration involved. The suitability of these guidelines, except in instances of severely curved canals, was confirmed through clinical and experimental evaluations of the adequacy of the recommended sizes for various root canal systems. However, it has been observed in experiments with monkeys that instrumentation too close to the foramen increases the risk of periapical complications. We concluded from our experiments with extracted premolars that when instrumentation is conducted to 1mm from the foramen, the degree of enlargement specified by Yasuda's guidelines assures an adequate apical preparation, while reducing the risk of extruding debris or destroying the apex, for most of the canal configurations we examined for this type of tooth.

## はじめに

根管の拡大・形成は、直視し得ない狭細な根管を文字通り手探りでリーマー、ファイルを操作する、時間と労力を要する旧態依然とした処置である。しかしその内容や細目に関しては、近年めざましい進展が見られる。リーマー及びファイルが、いつ頃から根管拡大器械として登場したかについての詳細は不明であるが、18世紀の中頃に E. Maynard が、ピアノ線を加工して使用したのが最初のものである。さらに、Kerr 社によって製造され、用法とともに紹介されたのは今世紀になってからのことである。以来、根管拡大には不可欠のインスツルメントとして、他のメーカー各社により類似製品の追随が行われた。しかしながら、これらのメーカー間で、製品に対する材質や寸法に統一が為されておらず、腐蝕したり破折をひき起こし易いものもあるなど、根管を確実に清掃・拡大するのが困難であった。1958年、国際歯内療法学会議が J. I. Ingle の提案を採択して、リーマー、ファイル、及びガッターチャポイントにほぼ今日の規格番号化システムが導入された。インスツルメントの規格化に加えて、刃部に用いられている金属も、より弾力性があり耐久性のあるものへと進歩を遂げ、根管の拡大進行はよりスムーズなものとなった。とはいえ、リーマー・ファイルによる根管の開削が、根管内容物や感染歯質の拡大除去だけでなく、作られた空間の完全な閉鎖を最終目標として、根管形成という用語とともに成書に登場したのは、つい最近の1970年以降のことである。この20数年間に、種々の器械・インスツルメントと様々な形成方法が紹介されたことは、諸家の知るところであろう。

現在最も一般的な根管形成法は、ガッターチャポイントによる側方加圧充填を前提としたもので、いわばガッターチャポイントを修復物に見立てて、G. V. Black の「窩洞の原則」を根管に当てはめた“根管窩洞”の形態に、リーマー・ファイルで賦形するものである。今後、根管形成を根底より変革するような拡大器械や根管充填材が現れない限り、この根管形成法は理論的には最善のものとして推奨され、臨床においても支持され続けるものと思われる。しかしながら実際的には、主として歯根および根管の解剖学的複雑性に起因

しての、様々な障壁が存在し、なおクリアーされねばならない点が少ないのが現状である。

本稿は、根管形成に関するいくつかの問題点に対して、我々の行ってきた研究を中心に考案を加え、臨床応用へのより明解な指標を導こうとするものである。

## 根管形態の複雑性と拡大・形成

抜髄ならびに感染根管治療を行う上で、標準的な歯内療法教科書に記載されているような、適正な手技をもってすれば、高い成功率の臨床成績が得られることが報告されている<sup>1-4)</sup>。しかしながら、いかなる手技をもってしても、複雑な解剖学的形態を有する根管、とくに側枝や根尖分岐に対する清掃はほとんど不可能とされ<sup>5)</sup>、また扁平で狭窄した根管やヒレ状ないしリボン状を呈するものについても、極めて不十分な清掃状態であることが示されている<sup>6-12)</sup>(図1)。根管形態については、かなり以前より数多くの観察<sup>13-20)</sup>が為されており、リーマー・ファイルで十分に清掃拡大が行

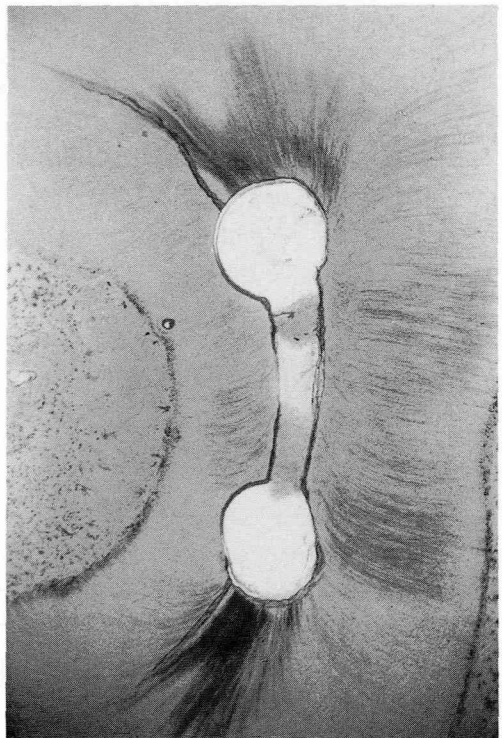


図1：リボン状根管での極めて不十分な清掃拡大  
(横断切片)

えるような、単純な形態の根管はむしろ少数であることが報告されている。このような根管形成に過酷な状況下で、適正な手技といわゆる“poor”な処置とをどこで画すか、という単直な疑問は誰しもが抱くところであろう。一方、いくつもの分岐を有する網状根管(図2)をはじめ複雑な根管系をもつ歯種や歯根種においても、適正な処置の下で、他の歯種と同等の臨床成績が得られていることもまた事実である<sup>21)</sup>。

根管形態を臨床手技的な側面から観察した報告は存外に少ないが、KerekesとTronstad<sup>22-24)</sup>は、抜去歯を根尖より1 mm 間隔で横断して根管断面の観察を行い、いずれの歯種においても根尖孔に近づくにつれて根管幅径が先細りとなり、リーマー・ファイルによる清掃拡大の可能性が高まることを報告している。我々が上顎の中切歯、小白歯、大白歯について行った透明標本による根管観察<sup>25-27)</sup>においても同様の所見が得られ、複雑な形態の分岐根管やリボン状根管も通例1本ないし2本の細い単純根管に収斂する傾向が示された(図

3)(表1, 2)。これらの所見は、根管全体を清掃拡大することは不可能であっても、根尖部根管では、清掃のみならず気密な封鎖を導く“窩洞形成”が可能であり、清掃不十分な根管部分を根尖歯周組織から隔絶できる、ということを示唆するものである。

### 機械的拡大の到達点と拡大サイズ

根管治療の成否は、根尖部根管の形成(apical preparation)にかかっているといっても過言ではない。前述の如く、根尖孔部まで拡大器械が挿入できれば、細く単純形態の根尖部根管では、清掃拡大の達成はさほど困難なことではない<sup>12,26)</sup>。清掃拡大の面だけを考えるなら、拡大器械の号数(サイズ)をアップし、より太い拡大を行えば、さらに効果的なことは明白である(図4)。しかし、根管形成のもう一つの目的である気密な封鎖を導くための“窩洞形成”という面からは、これらの点

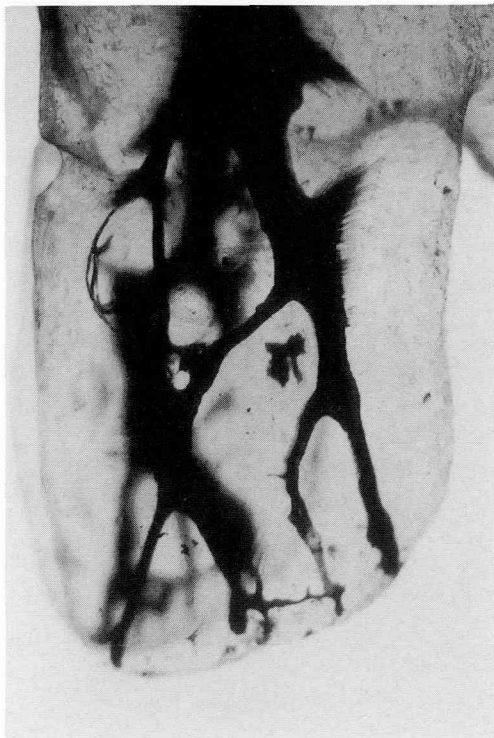


図2：網状根管  
上顎大白歯近心頰側根管(透明標本)

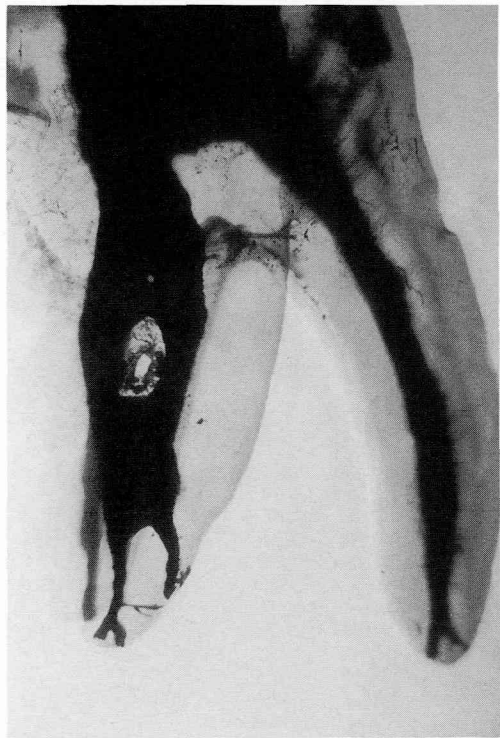


図3：根管口部より中央部にかけて幅広いリボン状を呈するが、根尖孔に近い部位では細い単純な形態の2根管に収斂  
上顎大白歯近心頰側根管(透明標本)

表1：根管の位置における形態変化（上顎第1大臼歯近心頰側根）

根管の形態	根管の位置				350根（%） 根尖孔部
	根管口部	上部	中央部	根尖部	
リボン状	137 (39.1)	113 (32.3)	101 (28.8)	30 ( 8.6)	3 ( 0.9)
3根管	2 ( 0.6)	2 ( 0.6)	0 ( 0 )	0 ( 0 )	0 ( 0 )
2根管	93 (26.6)	145 (41.4)	135 (38.6)	153 (43.7)	150 (42.8)
単根管	118 (33.7)	90 (25.7)	114 (32.6)	167 (47.7)	197 (56.3)

表2：根尖部における根管の太さ（上顎中切歯）

根管の太さ (リーマーサイズ)	根尖孔からの距離				（%） 5 mm
	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	
#20未満	33 ( 6.6)	6 ( 1.2)	2 ( 0.4)	1 ( 0.2)	1 ( 0.2)
#20～#40	276 (55.6)	186 (37.5)	60 (12.1)	9 ( 1.8)	4 ( 0.8)
#40～#60	158 (31.9)	230 (46.4)	235 (47.4)	119 (24.0)	41 ( 8.3)
#60～#80	25 ( 5.0)	57 (11.5)	146 (29.4)	227 (45.8)	182 (36.7)
#80以上	4 ( 0.8)	17 ( 3.4)	53 (10.7)	140 (28.2)	268 (54.0)

にむしろ重大な危惧を含んでいる。つまり、文字通りの“根尖”であって、先細りなのは根管だけではない。したがって拡大・形成が根尖に近いほど、また切削ボリュームの大きい太い拡大になればなるほど、根尖部の破壊を導く危険性が高く

なってしまう(図5)。根尖部の破壊自体による根尖歯周組織の傷害性に加えて、“根管窩洞”が保持・抵抗形態を損なうことに起因しての over filling が、更なる侵襲を根尖歯周組織に加えることになっては、治療の成否以前の問題であろう。

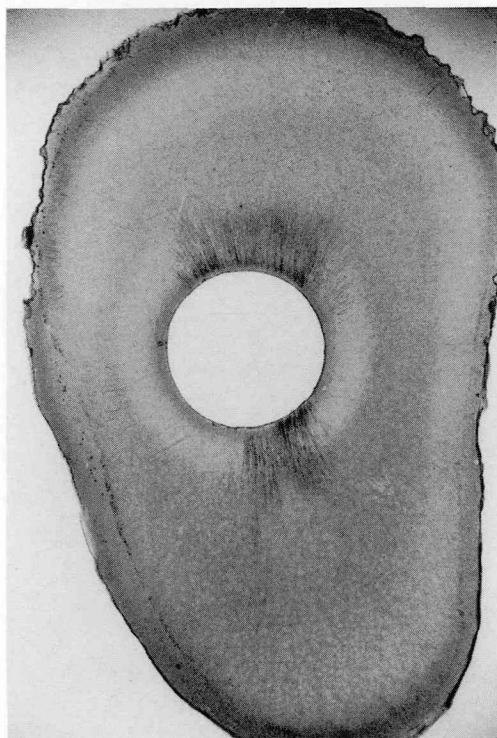


図4：完全な清掃拡大（円形形成）（横断切片）

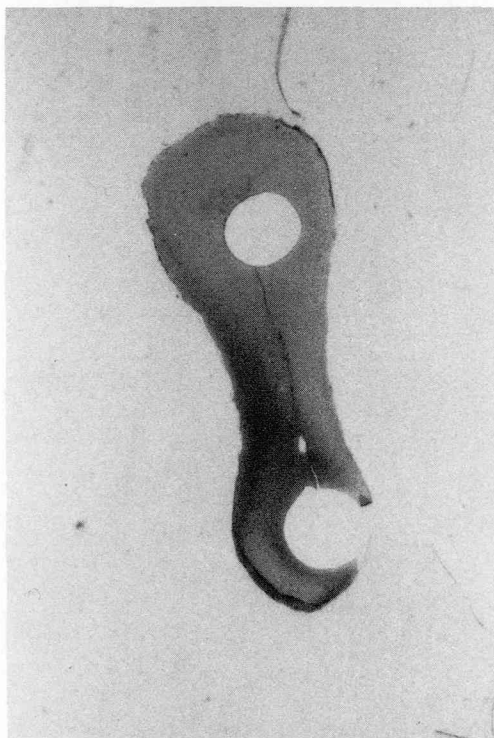


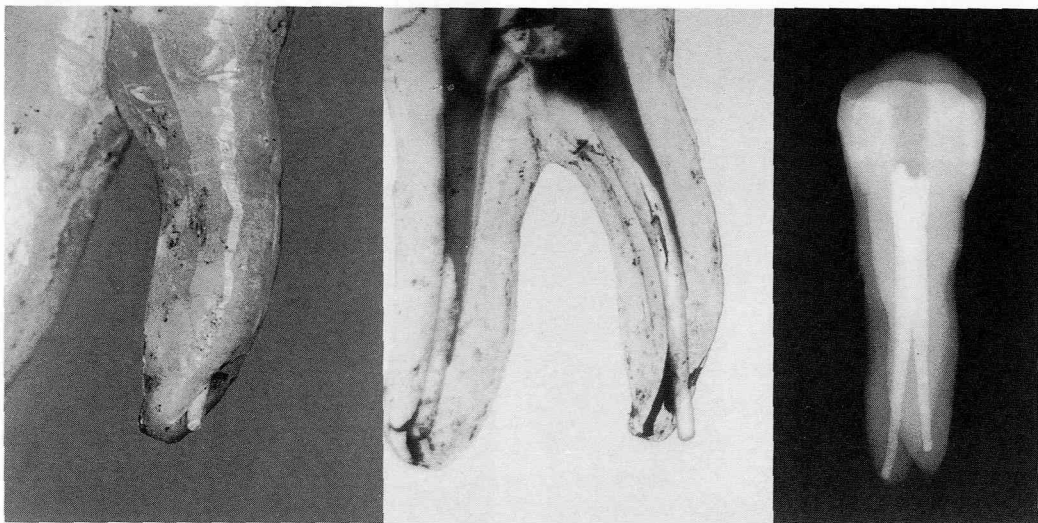
図5：機械的拡大による根尖部の破壊（横断切片）

根管のどの位置まで拡大・形成するかについては、根尖孔の最狭窄部までとするのが原則とされており、理論的である。Kuttler<sup>28)</sup>は根尖孔の最狭窄部は、歯根の外表から0.5 mm~0.7 mm 内方の象牙セメント境にあることを示している。この根尖狭窄部を保存することが、apical preparationの要点である。この部分が残されることにより、根尖歯周組織と接する創面が細小で済み、また根管充填材に対する apical seat (stop)として、気密な封鎖を生み出す一方で over fillingが防止される。したがって、論理的には、この根尖狭窄部の位置を正確に把握し、その位置まで、効果的でも安全な拡大サイズに達する器械操作を注意深く行うことにより、望ましい根管形成が達成できるといえる。

根管長の測定

臨床では、根尖狭窄部の位置を、便宜上切縁ないし窩縁からの長さで測定し、歯の長さあるいは根管長と呼んでいる。根管長を決定するための手段として、大別すると3つの方法が応用されている。まずは探針と指の感覚“finger touch”に依るもので、探針（リーマー・ファイル）が根尖狭窄部に達したときの抵抗感や狭窄部を貫通した際の微妙な感触を、指先で触知して根尖孔の位置を知

る方法である。歯内療法には不可欠であるX線写真がまだ歯科に導入される以前の“primitive”な方法とも言えるが、今日でもなお、この方法こそ最も信頼できるとする“手だれ”者もないではない。二番目はX線写真上にて測定するもので、視認できるという点で最も失敗の少ない方法である。X線写真はしかし、いかに最適な投影方向から撮影を行ったものであっても、フィルムが口蓋や口腔底に当たって彎曲状態であったものや、上顎大臼歯の口蓋根のように頬舌方向の傾斜を有するものに対しては、“像の伸縮”という問題を回避できない。このX線像の伸縮に対する配慮としては、歯冠に10 mmの金属線を付けてX線撮影したものを、特殊な scale に重ね合わせて、その伸縮から根管長を読み取る方法（Best法）<sup>29)</sup>や、既知の長さの測定針を根管内に挿入してX線撮影を行い、X線像上での測定針と歯の長さを測定して比例式により歯の実長を算出する方法（Bregman法）<sup>30)</sup>、また伸縮が必ずしも歯軸に沿って一様でないこと考慮して、術前のX線写真を参考に、根尖孔より2~3 mm 手前の位置まで測定針（リーマー・ファイル）を挿入して再びX線撮影を行い、X線像の測定針の先端から根尖孔部までの長さを測定し、挿入された測定針の長さ加える方法（Ingle法）<sup>31)</sup>などがある。



A 根側に突出したガッタパーチャポイント

B 透明標本

C 臨床的な方向より撮影したX線写真

図6：彎曲した上顎小臼歯頬側根での穿孔とX線写真

これらの方法の一長一短は置くとして、X線写真による根管長測定は、明かな欠点を抱えている。言うまでもなく、X線被曝の問題がその一つである。もう一つは、根尖孔の開口位置が必ずしも根尖端ではない<sup>32,33)</sup>という解剖学的状況への対応であり、とりわけ唇(頬)または舌側面に偏位開口した根尖孔を有する根管では、しばしばX線像として根尖孔を識別することが不可能である。すなわち、根尖部根管はX線写真上では不鮮明なことが多く、根尖端から離れた位置でしかも根管と重複されたX線像からは、根尖孔外への over instrumentation さらには over filling にさえ気付かない。このような状況は、上顎小臼歯にみられるような、2根管2根尖孔を有する単根歯や、複根歯で根尖部の重複したX線像の症例においても同様であり、また唇(頬)舌的に強い彎曲を有する根管では、機械的拡大操作を通じての根側への穿孔により、やはり同様の事態を惹起しかねない(図6A-C)。

このようなX線写真による測定の欠点を解消し、容易にしかも正確な測定値が得られる方法として登場したのが、3つめの、電気的根管長測定法である。

砂田(1958)<sup>34)</sup>は、根管内に挿入したリーマーの先端が歯根膜腔に達したとき、リーマーと口腔粘膜との間の電気抵抗が、患者の年齢、歯種、根管の太さにかかわらず、ほぼ一定の値をとることに着目して、最初の電気的根管長測定器である直流抵抗器を作製し、臨床的应用結果をその有用性と共に報告した。以来、さらにこれを改良した交流抵抗器<sup>35)</sup>から発展した Root Canal Meter (RCM) (図7)を筆頭に広く普及し、現在では10数種もの電気的根管長(インピーダンス)測定器が市販されるに至っている。

インピーダンス測定器は、その正確さと多くの利点から、今や歯内療法を行う上でなくてはならない存在と言えるが、欠点が無いわけではない。とりわけ、X線写真でのように視認できない点である。つまり、通電された測定針が根管内外の電導性物質に触れると、leakにより測定誤差を生じてしまう。したがって、根管内に出血を随伴する抜髄時の測定には、ある程度の臨床的な熟練を必要とする。初心者が、インピーダンス値を頼りに根管形成を行おうとすると、多量に残髄させるか、

根管内の出血が制御できずに測定不能を訴えることが少なくない。翻ると、術前のX線写真と“primitive”な手指の感覚がここで必要となるのは、なんとも皮肉ではある。ともあれ、根管を極度に乾燥させない限り、測定針(リーマー)の先端が歯周組織に触れた時点での数値はきわめて安定したものであり、根尖孔が根側に偏位していようと、あるいは穿孔を引き起こした場合ですら、その位置を越えて器具を挿入する危険性はほとんど無いと言ってもよく、電気的根管長測定器が信頼を得ている所以であろう。しかし、解決されねばならない問題が、実はこの点に存在するのである。すなわち、測定針の先端が根尖孔より突出し、しかも突出部が一定の表面積(歯周組織との接触面積)となって、始めて根尖表示の安定した数値に達することである<sup>36)</sup>。最初に測定針として用いることの多い#15程度の細いリーマーでは、根尖狭窄部より0.5~1 mm位突出する(RCM: 40  $\mu$ A)<sup>36,37)</sup>。この根尖表示値までの根管形成および根管充填は、従来より臨床実施されてきた方法であり、その臨床成績は良好である<sup>3,21,38)</sup>。ただし、この位置

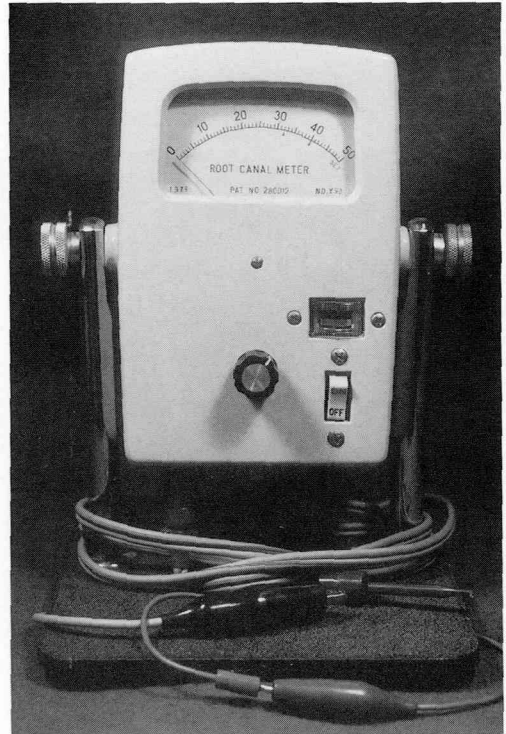


図7：Root Canal Meter (RCM)

までの器具操作は、apical preparationの要点として前述した“根尖狭窄部の保存”をあらかじめ抹消するものである。膨大な症例数からの臨床成績が、それだけで十分評価に値するものであることは紛れもない事実ではあるが、改善すべき余地、すなわち根尖狭窄部の破壊がやはり望ましくないことは、後述の動物実験<sup>12)</sup>の結果からも明らかである。そこで、根管の根尖狭窄部を破壊せずに根管形成を行おうとする方向にあるが、そのためには、根尖狭窄部の位置をさらに正確に測定できねばならない。

測定針が根尖孔より突出し、しかも歯周組織と接触面積を必要とするのは、従来の測定器がいずれも低周波電流(100~1500 Hz)の使用であったためとして、400 KHzという高周波電流を用い、根尖狭窄部を測定できる<sup>39)</sup>と登場したのが Endocater(EC) (図8)である。臨床使用経験では、ECは高周波の持つ鋭敏な電気特性から、測定針の太さ、根尖孔の大きさ、根管の形態などの影響を受けることなく、かなり正確に根尖狭窄部付近を示し得ることが判明した<sup>40,41)</sup>。しかし一方で、その鋭敏な電気特性から根管内の血液などの影響を強く受け、抜髄時などわずかな残髄や出血に遭遇すると、根尖部に測定針を近づけることも儘ならない程の測定不能状態を呈し、お手上げとなってしまうことがしばしばであった。この点に関しては、低周波(150 Hz)のRCMはこの程度の根管状況では、通例、測定は十分に可能となるのは皮肉と言うべきであろうか。ECのこの欠点を解決すべく、エンドテープ法<sup>42)</sup>があり、#10のリーマーの先端0.5 mmを露出し、他の部分に薄い絶縁テープ(エンドテープ)を巻き付けることにより、

根管内の電導物質の影響を受けずにインピーダンスを感知し得るとする方法であるが、限界があるだけでなく、このエンドテープをリーマーに密着させてスリムに巻き付けるのは煩雑かつ至難の技である。

最近発売された APIT (図9) は、ECのみならず従来のインピーダンス測定器の弱点であった、出血状態や根管の湿潤状態での測定を可能にした画期的なインピーダンス測定器である。根管内の電導性物質を可及的に排除することでより正確な値を導こうとする測定針の先端と歯根膜間のインピーダンス測定とは180度観点を交えて、原理的には、根管内外のインピーダンスが周波数によって変化することを応用して、根管内に電解液を満たしてコンスタントな通電状態を得た上で、2種類の異なる周波数(1 KHzと5 KHz)の通電によるインピーダンスの差(相対値)を求めることにより、根尖狭窄部の位置を測定しようとするものである<sup>43)</sup>。

臨床使用経験では、応用例数が少ないため結論的なことは言えないが、抜髄例では、従来の測定

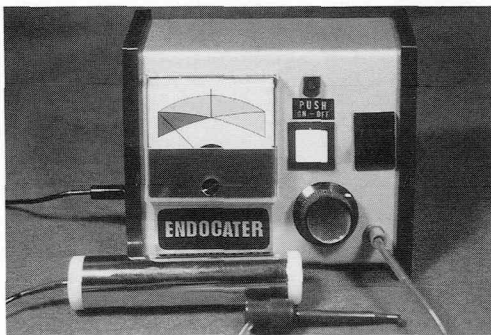


図8 : Endocater (EC)

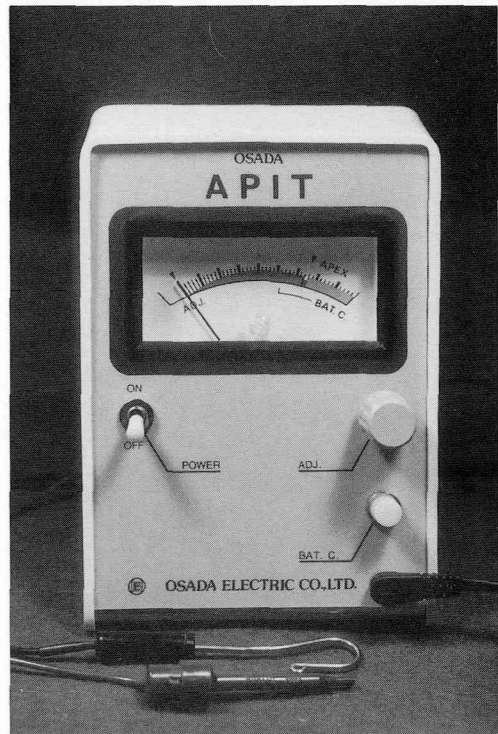


図9 : Apit

器でのような“臨床的カンどころ”的操作や困難さを解消した、殊に初心者には待望の測定器と言うことができよう。しかし、根管の湿潤状態での測定を可能にしたこの測定器の“画期性”は、根管が乾燥状態では逆に不正確になる<sup>44)</sup>という“両刃の剣”的性格を帯同している。確かに、根管を拡大する際には、根管を次亜塩素酸ナトリウム液などで満たした状態で行うのが基本であり、抜髄はもちろん感染根管治療においても、常に根管は電解液で満たされているはずであり、この測定器の使用上に問題はないように思われる。ところが実際的には、根管細部にまで洗浄液がゆきわたりにくいことは知られており<sup>45-47)</sup>、細い根管では測定針であるリーマー、ファイルの出し入れだけでたちどころに乾燥状態になってしまうために、測定誤差を生じる危険性が少なくない。しかもこの測定誤差は、従来の測定器の、根管内の電導物質に影響されてのものとは異なり、over instrumentationに繋がりがかねない点も危惧しなければならない。インピーダンス法はX線写真法のような客観性を持たないために、折りある毎に根管長の再確認が必要であり、それが拡大操作を通じて簡便に行えることで支持されている点からも、APITはやや煩雑である。

以上述べたように、使用条件さえ整備することができれば、インピーダンス測定法により、かなり正確に根尖狭窄部の位置を知ることが可能である。しかし、指示値の信憑性については基だ客観性を欠くものであり、場合によっては極端な測定誤差を生じかねず、欧米の歯内療法家が、今なおX線写真上での測定から離れられないでいるのは、このためである。このように、現在のところでは、根尖狭窄部を正確にしかも高い信頼度で測定し得る卓越した方法は、残念ながら存在しない。したがって、各人がそれぞれの測定器に精通することに加えて、術前のX線写真をできるだけ正確に撮影して、インピーダンス測定時の目安として役立てること、根管拡大操作に付随してその都度根管長をチェックすること、などがより精密な根管形成を達成するための現状での方策であろう。

#### 根管の拡大基準

根管の機械的な清掃拡大は、理論的には、根管内の歯髄や壊死物質、さらには感染している根管

象牙質壁まで、完全に除去することが望ましい。しかし、感染象牙質の全てを除去すれば、根管を薄弱にしたり破壊を招いて、歯を保存することが出来なくなる症例が発生することも有り得る<sup>48)</sup>し、また、感染象牙質の深度を知る方法もないので、一般的には、根管内容物と根管壁の有機質を完全に除去するまで、とされている。

この根管拡大と、前述したガッターチャポイントを適合させるための“根管窩洞”の両者の条件を満足した時点が、根管形成の主たる部分であるapical preparationの完了であり、根管の器具操作を通じて上述の状態に達しているか否かを知る目安が、根管の拡大基準である。

過去20年以上にわたって一般的に用いられてきたのは、根尖部で最初に抵抗を感じた拡大器械より3サイズ大きく拡大する<sup>49)</sup>、また、拡大器械の先端部に白いきれいな象牙質削片が付着するまで拡大する<sup>50)</sup>、という2つの基準であった。しかし、この両基準共、実験的基盤を持つものではなく、扁平狭窄根管や彎曲根管においては、根管壁の一部ないし偏った部分の切削を通じて、その拡大基準を満たす抵抗感や白い象牙質削片を導くばかりか、比較的単純な形態の根管においてさえ、この2つの基準下での形成が明かに拡大不足を生じやすいことが判明している<sup>51,52)</sup>。Grossmanら<sup>53)</sup>は古い方式が不十分であることを公表した後に、単に「拡大の程度は根管の幅径と形態に依存する」と述べている。他の人たちによって作られた示唆もまた曖昧なものである。Ingle<sup>54)</sup>は、ストレート根管では“ほとんどの歯で十分なもの”として#40～#60の範囲を推奨し、彎曲根管に対しては#25ないし#30で通常十分であると述べ、CohenとBurns<sup>55)</sup>は歯種別にやはり一連の範囲(ex.上顎中切歯は#35～#60、上顎側切歯は#25～#40)を推奨し、個々の形成における最終サイズは、これらの範囲内で「複雑な根管形態の存在、使用する器具の種類とフレキシビリティ、さらに臨床家の技術と熟練に依存する」としている。これらの提唱もまた、しかしながら、個々の症例にどの程度有効であるかについての報告はみられない。また、設定範囲の幅が広いため、熟達したスペシャリストにとっては十分応用できるものであるかも知れないが、学生や経験の浅い臨床家に対しては、よりきめの細かい基準が必要であり有益となろう。



1977年、安田は全ての歯種および歯根種に対して、それぞれの根管の形態や太さ、歯根歯質とのバランスを考慮した上で、必要十分でしかも安全と考えられる拡大サイズを割り出し、原則的に、太い歯根に単根管を有する歯には#60、細い歯根または分岐根管を有する歯には#50、また下顎切歯は#40と全ての歯種、根管を単に3つの拡大サイズに分類設定した(表3)。

新鮮抜去歯を用いて行った、安田の基準の清掃拡大効果に関する実験<sup>12)</sup>では、apical preparationに相当する根尖部根管で、比較した他の基準よりも良好な成績を示した(表4)。また臨床応用例として、感染根管の清掃拡大後の無菌性獲得との関係について調査を行った結果<sup>6)</sup>では、従来の拡大

基準と比べて高い陰性培養獲得率を示した(表5)。加えて、これらの実験を通じて、従来の拡大基準に比べて明らかにサイズアップとなった安田の基準下での根管拡大に伴う根尖部の破壊や、かかる器具操作に起因したと考えられる臨床的不快症状の発現は特には見られなかった。

安田の拡大基準の臨床における有用性は、単に拡大終了の目安となるだけでなく、通例的には、必要かつ十分な apical preparation の完了を意味する点においても評価できる。すなわち、根管中央部から根管口部にかけての flare preparation を追加することにより、もはや根管充填のための“根管窩洞”が形成できた、と見なし得る。したがって、特別太い根管などを除いては、これ以上の機械的拡大を行う必要はない、あるいは行うべきではないという状況に到達しており、この後は、できるだけ速やかに根管充填により根管を気密に封鎖することが望ましいとされている。さらに加えて、下顎切歯を除いては#50以上のサイズのガッタバーチャポイントをマスターコーンとして使用できることが、根管充填に際しての操作性と確実性を飛躍的に向上させる点も見逃せない。

考え方からすれば、安田の基準下に抜髄即時根管充填または感染根管一回治療は可能であるが、

表3：安田の拡大基準

拡大のサイズ	歯(根)種
#60	上顎前歯、下顎犬歯、小臼歯(単根管性)
	上顎大白歯(口蓋根および単根管性の頬側根)
	下顎大白歯(単根管性の近心根および遠心根)
#50	小臼歯(2根管性)
	上顎大白歯(近心頬側根および遠心頬側根)
	下顎大白歯(2根管性の近心および遠心根)
#40	下顎切歯

表4：根管拡大基準と apical preparation の成績

拡大基準	根管数	清掃拡大	根尖部根管 (%)	
			上部(歯冠側)	下部(根尖側)
安田の基準	32	良好	19 (59.4)	20 (62.5)
		概良	6 (18.7)	4 (12.5)
		不良	7 (21.9)	8 (25.0)
抵抗を感じた器具より3サイズ上まで拡大	30	良好	10 (33.3)	13 (43.3)
		概良	8 (26.7)	8 (26.7)
		不良	12 (40.0)	9 (30.0)
器具に白いきれいな象牙質削片が附着するまで拡大	29	良好	8 (27.6)	10 (34.5)
		概良	11 (37.9)	8 (27.6)
		不良	10 (34.5)	11 (37.9)

表5：感染根管における機械的拡大および化学的清掃直後の根管培養試験の成績

拡大基準	化学的清掃剤	根管数	拡大直後の培養		2回目の診療開始時の培養	
			陽性(%)	陰性(%)	陽性(%)	陰性(%)
安田の基準	ネオクリナー	57	16(28.1)	41(71.9)	19(46.4)	22(53.6)
	RC-Prep	60	20(33.3)	40(66.7)	25(62.5)	15(37.5)
従来の基準	ネオクリナー	20	8(40.0)	12(60.0)	6(50.0)	6(50.0)
	RC-Prep	49	21(42.9)	28(57.4)	19(67.8)	9(32.2)

急性症状発現の危惧から、根管形成の次回来院時に根管充填を行うのが安全であろう。したがって安田の基準の下に、原則的には抜髄例は2回、感染根管治療例では3回で根管処置を終了するという画一的な治療計画(表6)が設定できる。我々は、この画一的な治療法を1975年以降今日に至るまで日常的に行っており、極めて良好な臨床成績を得ている。とりわけ、根尖狭窄部の破壊が好ましくないことが判明する以前には標準的に根管長(作業長)とした、RCM(Root Canal Meter)が40 $\mu$ Aを示す位置まで根管形成を行った症例では、RCM値の安定性と相俟って処置はより画一性の高いものであった。

1975年から1982年までの7年間に松本歯科大学保存科にて行った、RCM 40 $\mu$ A位置を作業長として画一的治療法を施した症例の遠隔成績(表7)は、先人の臨床成績に関する報告と照らしても劣るものではなく、また、この調査で不良例と判定した症例のほとんどが、over fillingに関連しての、根尖部に突出した根管充填材周囲に小さなX線透過像の出現ないし存続によるものであり、再根管処置を必要とした症例は皆無であった<sup>21)</sup>。

この臨床成績は、根管の清掃拡大が十分に出来、根管充填が気密に出来れば、良好な予後が得られることを立証したものであり、根管処置の主眼は

“清掃と封鎖”にあるとする近年の歯内療法の基本概念を肯定するものである。

根尖狭窄部の保存

根管の拡大形成および根管充填後の根尖歯周組織の治癒に関しては、従来より多くの報告<sup>57-71)</sup>がある。根尖を越えての over instrumentation や over filling が根尖歯周組織の治癒にとって望ましくないことは、多くの報告<sup>57-68)</sup>の一致するところであるが、単に根尖狭窄部を大きく拡大することについては、必ずしも否定的な報告ばかりではない<sup>69-71)</sup>。根管拡大の基準、術式、根管充填材など、治癒成績を左右しかねない因子が多いためか、必ずしも意見の一致しない面も存在するようである。

そこで、良好な臨床成績は示したが、根尖狭窄部まで拡大が及ぶとされる RCM 40 $\mu$ A 位置までの根管形成と根管充填後の根尖歯周組織の治癒状況について調査するために、サルを用いて実験を行った<sup>12)</sup>。

実験は、被検歯とした左右同名歯の一方に対しては、従来の臨床での通法に従って、RCM 40 $\mu$ A 位置まで拡大して、アピカルシートは作らずに根尖付近の根管壁に2 mmの長さに平行な壁(アピカルカラー)を形成して、この壁の把持によってガッターチャポイントを保持することを意図した根管形成(図10)を施し、もう一方の被検歯に対しては、根尖狭窄部を拡大せずにアピカルシートの形成を意図して、RCMが40 $\mu$ Aを示す位置を#10ないし#15の手用リーマーで確認した後、その長さから0.5 mm 差し引いたものを作業長として根管形成(図11)を行った。1~2週間後に根管充填を施し、207~1,067日経過時のX線所見と組織所見を得た。

実験結果は、X線所見では、調査できた18例中に不良と判定された症例は皆無であり、臨床での成績を裏づける結果を示した。しかしながら組織所見においては、根尖狭窄部を拡大(40 $\mu$ A位置まで)した症例の全て(8例)に、ガッターチャポイントの根尖歯周組織への突出とガッターチャポイントに接する根尖部根管壁に吸収がみられ、さらにその大半の症例で、突出したガッターチャポイント周囲に歯槽骨の吸収痕や円形細胞浸潤が観察された(図12)。いずれの症例においても、

表6：画一的な治療ステップ

抜髄		感染根管治療	
		根管内汚物除去	(初回)
		↓	
		根管貼薬	(2回目)
(初回)	麻酔抜髄	→ 根管形成 (安田の基準)	← 根管長測定
(2回目)	根管長測定	↓	(3回目)
		根管貼薬	
(2回目)		根管充填	(3回目)

表7：画一的治療法における臨床成績

処置	例数(根管)	臨床成績	
		良好 (%)	不良 (%)
抜髄	102	96(94.1)	6(5.9)
感染根管治療	133	127(95.5)	6(4.5)

線維性組織による被包化や硬組織沈着など治癒傾向は明らかであり、病理成績として不良と判定された症例は皆無であったものの、アピカルシートが形成できた症例での理想的な治癒（図13）との対比からも、根尖狭窄部まで包含しての根管拡大と根管充填が根尖歯周組織に少なからぬダメージを与えることが判明し、根管形成に際して根尖狭窄部を保存することの重要性が明確に認識され

た、

動物を用いたものとしては長期間経過時の観察であるこの実験は、さらに次の所見をもたらした。根尖狭窄部を拡大せずにアピカルシートの形成を意図した、RCM  $40\mu\text{A}-0.5\text{mm}$  作業長の症例においても9例中6例に根尖狭窄部拡大群と同様の所見が得られ、アピカルシートが形成された3例中の1例にも根尖部根管壁に吸収がみられた。

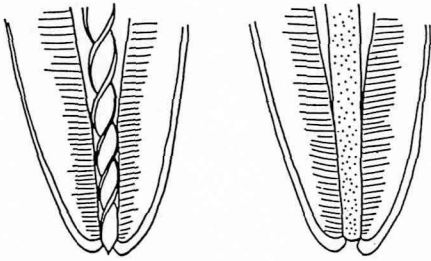


図10：RCM $40\mu\text{A}$ 位置までの apical preparation

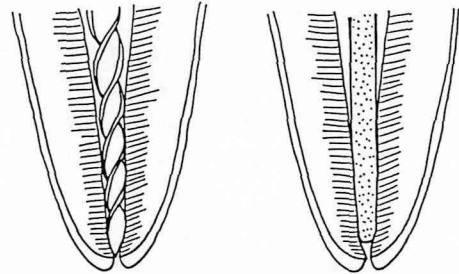


図11：RCM $40\mu\text{A}-0.5\text{mm}$ 位置までの apical preparation

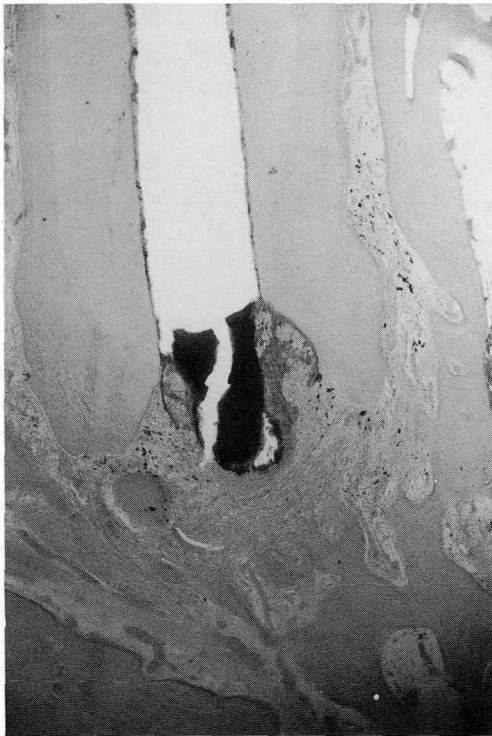


図12：RCM $40\mu\text{A}$ 位置までの形成による根尖部の破壊と over filling



図13：アピカルシートの形成例  
根尖孔の硬組織閉鎖と根尖歯周組織の良好な治癒

ガッタパーチャポイントの突出も根管壁の吸収もみられなかった残りの2例のうち、一方はアピカルシートと根尖孔開口部の間に象牙質削片が押し込まれており、良好な骨性癒痕治癒を示していた(図13)が、もう一方はアピカルシートと根尖孔開口部の間にシーラーのみ填塞されており、その中央部まで根尖歯周組織より肉芽組織が侵入していたがその先端は壊死に陥り、好中球の浸潤も認めるなど必ずしも良好な治癒とは考えられない像を呈していた(図14)。

これらの所見を総合すると、根尖狭窄部を拡大することはもちろん、狭窄部に近接した位置までの機械的拡大操作においても厳密な形成は難しく、アピカルシートを形成し得ずに、拡大器械自体の刺激に加えてガッタパーチャポイントの突出やシーラーの溢出を生じ、それらの影響により根尖部の吸収が引き起こされたことは明らかである。

また、ほとんどの吸収像が、ガッタパーチャポ

イントと根管壁の間に入り込むようにして漏斗状を呈していた(図15)ことから、使用した酸化亜鉛ユーージノールセメント系シーラーの組織刺激性<sup>72,73)</sup>を誘因として根尖歯周組織から根管内方へ肉芽組織の侵入が起り、根尖狭窄部および根管壁吸収が引き起こされたことも考えられ、根管形成のテクニック面だけでなく、変更すべきシーラーについても勘案が必要である。

この長期間経過時の観察では、根尖部に著明な吸収がみられた症例ですら、根尖歯周組織は比較的良好な治癒状態を示しており、十分な清掃拡大と気密な根管充填を行うことの重要性も併せて確認された。しかし修復期に入っているにもかかわらず、ほとんど組織刺激性を有さないとされていたガッタパーチャポイントに吸収の存続が観察されたことから、根尖狭窄部を保存するためのより積極的な配慮ならびに対策が必要であるとの結論が得られた。

#### アピカルシートの形成

根尖狭窄部の保存を前提とした根管形成を行うには、作業長を短縮せざるを得ない。臨床成績として、X線写真上での根管充填材の到達位置から、



図14：アピカルシートの形成例

根尖歯周組織の治癒は必ずしも良好とはいえない

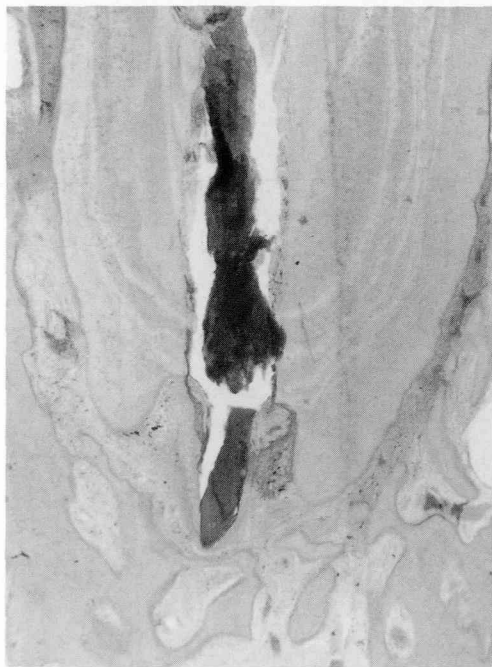


図15：根尖孔部根管壁の漏斗状吸収

むしろ under filling が望ましいとする報告は少なくない。しかしながら、X線写真が必ずしも正確に実体を写し出すものでないことは前述の如くであり、安易な作業長の短縮は、複雑な形態を有する根管では、“清掃・封鎖”を目的とした根管形成を“poor”なものにしてしまうという危惧が、常に付きまわっていることを銘記しておかなければならない。

安田の基準は、根管が根尖狭窄部に近づくにつれて収斂し、細い単純な形態となることを見越してのものであり、作業長が短縮され、根尖狭窄部から遠ざかるにつれてその意味は薄らいだものになってしまう。したがって根尖狭窄部の保存を目指す上では、臨床実施のガイドラインを確立するためにも、アピカルシートの設定位置に関する実験的な調査検討が必要となった。

根管形成の成否に関する実験を行うには、天然歯を用いることが絶対条件となるが、この場合に最大の“ネック”となるのは同一条件での対比が難しい点である。すなわち天然歯根管の解剖学的複雑性は、仮に同名歯を用いたからといって近似した状況であることを意味せず、実験結果に正当な評価が与えられない場合が少なくない。そこで我々は、種々の根管形態に対して同一条件に近い状況下での比較を可能にすべく、被験歯を選定することから始めた。歯種としては、歯根および根

管形態に様々なバリエーションを有する上顎小臼歯が好適と考えられたので、当教室所蔵の1000本以上の天然抜去上顎小臼歯の中から、先ず歯の外形の近似したものを集めてグルーピングし、さらに2方向のX線写真により根管形態の近似したものを選択して、必要な近似歯を揃えることができた11形態(図16)について実験<sup>26)</sup>を行った次第である。

各形態毎に、アピカルシートを根尖孔より0.5, 1, 2, 3 mm 手前の4つの位置に設定し(図17)、それぞれ安田の基準下にて根管形成を施した。これに加えて、根尖部で噛み込んだ最初の器械より3サイズ大きく拡大する従来の基準に従い、セメント象牙境までかあるいはその手前まで拡大するという一般的な提唱に基づいて、根尖孔-0.5 mm 位置までの根管形成を行って、安田の基準との対照とした。

この根管形成をより明瞭に観察するために、あらかじめ被験歯の根管内に墨汁を注入し乾燥させた上で、根管形成を行い、器械操作終了後、最終拡大サイズのガッターパーチャ・マスターコーンをアピカルシートまで挿入し、シーラーは用いずに側方加圧充填を行ってから歯を透明標本として、根管形成における“清掃・封鎖”状態について全ての方向から肉眼的に限なく観察を行った。また、根管形成のための器械操作を通じて、根尖孔から

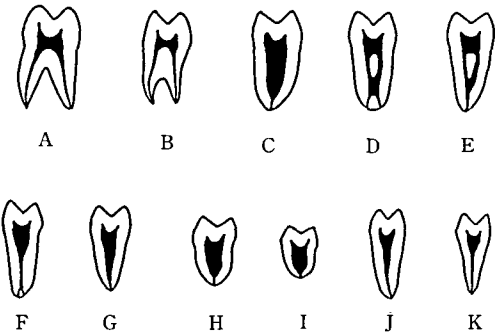


図16：実験を行った上顎小臼歯の根管形態

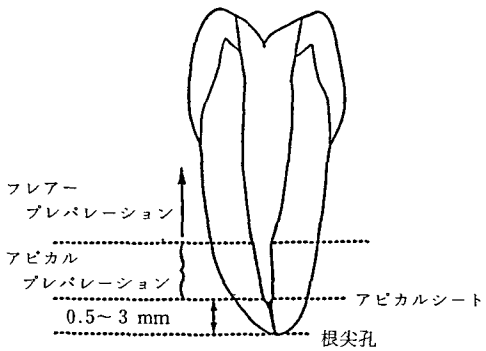


図17：アピカルシートの位置と根管形成

表 8 : apical preparation の最終拡大サイズ

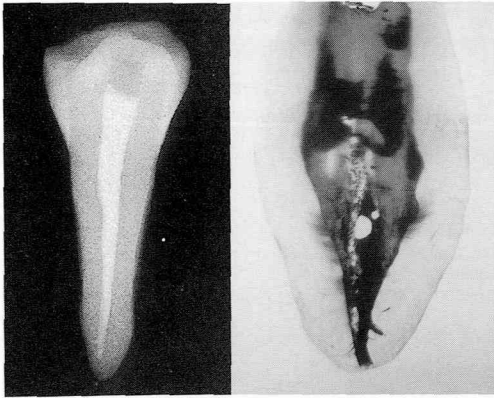
拡大基準	(頬/舌)		根管形態								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
安田の基準	#50/#50	#50/#50	#60	#50	#60	#60	#60	#60	#60	#60	#60
従来の基準	#35/#35	#35/#25	#40	#40	#45	#40	#55	#35	#50	#40	#40

の debris の押し出しの有無についても注目し、併せて調査を行った。

実験の結果、11の根管形態のほとんどにおいて、従来の基準での根管形成は、最終拡大サイズで安田の基準の3サイズ以下にとどまり(表8)、根尖孔-0.5 mm 位置まで器械操作を行ってさえ、根尖部での円形形成を達成するには不十分であり、ごく細く単純な形態の根管を除いては、拡大不足による不良な“清掃・封鎖”所見が一目瞭然であった(図18)。さらに、この位置までの器械操作では、debris が形成サイズと関わりなしに根尖より押し出されるのが通例的に観察された(図19)。

同位置における安田の基準下でのより大きな拡

大は、ほとんどの根管形態で良好な円形形成をもたらした(図20)。より意味深いことは、-1 mm 位置にアピカルシートを設定した場合においても同等の良好な結果が得られ(図21)、一方 debris の押し出しは半減したことであった(表9, 10)。良好な根管形成がみられたのは、しかしながらこの



A 根管充填後のX線写真 B 透明標本

図18：従来の基準による根尖孔-0.5 mm 位置までの根管形成と根管充填(根管形態C)

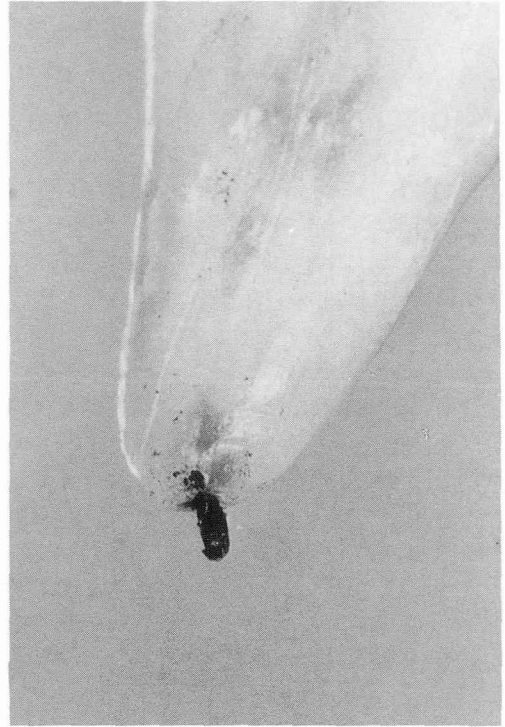
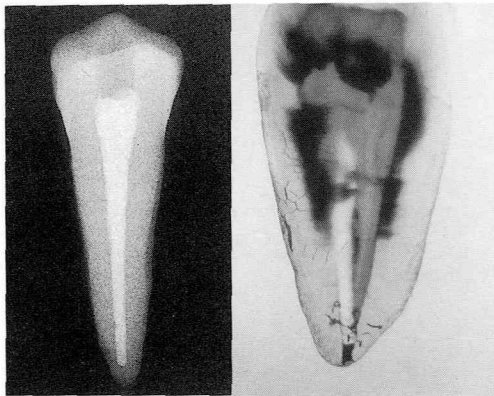
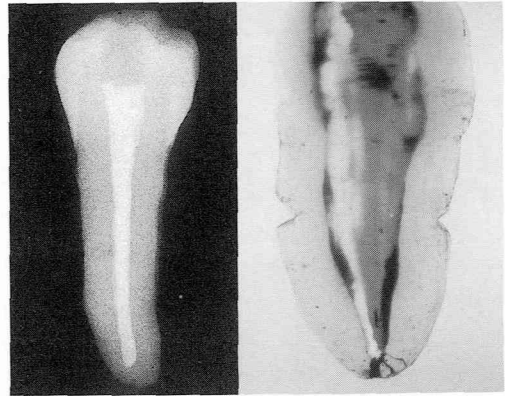


図19：根尖孔から押し出された debris



A 根管充填後のX線写真 B 透明標本

図20：安田の基準による根尖孔-0.5 mm 位置までの根管形成と根管充填(根管形態C)



A 根管充填後のX線写真 B 透明標本

図21：安田の基準による根尖孔-1 mm 位置までの根管形成と根管充填(根管形態C)

位置までで、根尖孔からより離れた位置(-2, -3 mm)では、形成はしばしば根管がリボン状を呈するなど幅広い部分で停止しており、円形形成を得るのが不可能であるばかりでなく、いわゆる“poor”な状態を呈していたものが少なくなかった(図22, 23)(表10)。

debrisの押し出し以外での-0.5mmと-1mm位置での対比では、根尖部の歯根・根管共に細く、しかも彎曲を有した形態例において、-0.5

mm例が穿孔を導いた(図6)のに対して、-1mm例ではledge形成にとどまったのが注目された(図24)。

これらの所見から、強い彎曲根管を除いては、安田の基準下にて根尖孔-0.5~1mm位置まで器械操作することが、十分な根尖部の形成を確実にすることが判明した。しかし現実問題として、根尖孔の位置を正確には知り得ないこと、また技術的に0.5mm単位での精密操作は困難であるこ

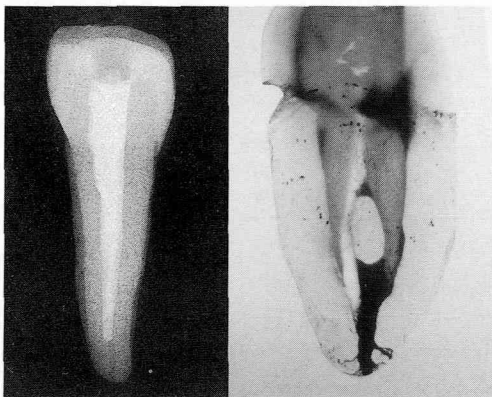
表9：根尖孔外へのdebrisの押し出し

拡大基準	根尖孔までの距離(mm)	(頬/舌)		根管形態											計(%)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K			
安田の基準	0.5	+/+	+/+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	12 (92.3)
	1	+/+	-/-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	6 (46.2)	
	2	-/-	-/-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 (0)	
	3	-/-	-/-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 (0)	
従来の基準	0.5	+/+	+/+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	11 (84.6)	

表10：根管形態と apical preparation の成績

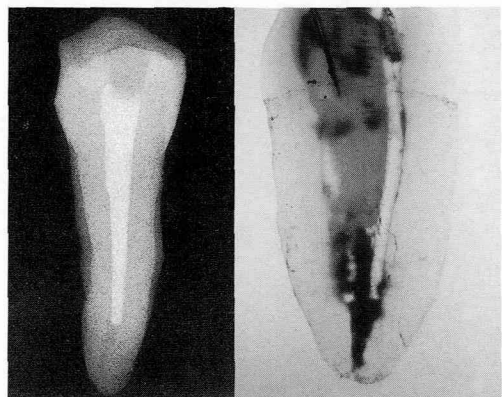
拡大基準	apical seat 根尖孔からの距離(mm)	根管形態											計(平均)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
安田の基準	0.5	0*	2	2	1	2	1	2	2	0	2	2	16(1.5)
	1	1	1	2	1	2	1	2	2	0	2	2	16(1.5)
	2	2	1	0	0	2	0	1	0	0	1	2	9(0.8)
	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7(0.6)
従来の基準	0.5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3(0.3)

評価基準 (scores) : 2 = 良好, 1 = 概良, 0 = 不良  
\* perforation



A 根管充填後のX線写真 B 透明標本

図22：安田の基準による根尖孔-2mm位置までの根管形成と根管充填(根管形態C)



A 根管充填後のX線写真 B 透明標本

図23：安田の基準による根尖孔-3mm位置までの根管形成と根管充填(根管形態C)

との両面から、debrisの押しだしや根尖破壊の危険を減少させるという前提で、根尖孔-0.5 mm位置よりは-1 mm位置をアピカルシートとすべきであるとの結論に達した。この場合、根尖孔とアピカルシート間に放置される内容物が問題となるが、感染を被っていないければほとんど問題はなく<sup>74,75)</sup>、また感染物質が存在したとしても根尖狭窄部で微量であり、根尖部で出現頻度の高い管外側枝や根尖分岐が、手の施しようもなく放置されて問題となっていないことから、無視し得るものと推測される。ただし、この点については実験的にも究明してみたいと考えている。

### 安田の基準の限界

この透明標本での観察において、根尖孔直前まで幅広いリボン状根管を有する形態のみに、安田の基準でも拡大不足が示され、彎曲根管とも併せて対策を講ずる必要性が示唆された。この唯一の形態は、“根尖”と呼ぶにはふさわしくない鈍円形

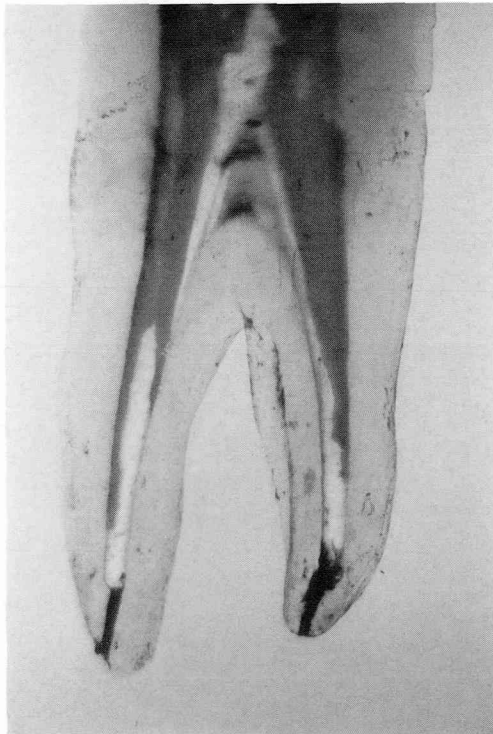


図24：彎曲した頰側根管の根尖側端にみられる ledge 形成  
(安田の基準、根尖孔-1 mm 例)

の根尖外形を有し、歯根長は極端に短いながら頬舌的には平均的幅径を持った歯(図16-I)であったことから、さらなる解剖学的な調査によりあるいは特定できるものかも知れない。

安田の基準を適用する上で最も注意を払わなければならないのは、彎曲根管を持つ歯である。拡大器械のフレキシビリティはサイズアップにつれて著しく失われ、ことに安田の基準で指定されたサイズでは彎曲に追従しての拡大は望めない。したがって強度の彎曲根管に安田の基準を適用することは、根管から逸脱した直線的な拡大を導き、穿孔ないし ledge 形成による歯根の脆弱化を生じさせることになる。このような根管に対しては、彎曲に追従して挿入・操作できるものとして、使用される拡大器械がフレキシブルな細いサイズに限定されるために、十分な拡大形成は望むべくもないのが現状である。

安田の基準は、通例的には必要十分条件と見なすことができるが、あくまでも基本的なガイドラインと認識すべきのものであって、個々の症例で最善の根管形成を達成するためには、X線写真や拡大器械などによって得られる情報を総合して、この基本ラインに修正を加えることが必要であり、症例を選ばぬ乱用は論外である。

### ま と め

過去において、根管拡大は、根管消毒薬の挿入とその効果を高めるための、いわば根管治療の前準備的操作として行われてきた。しかし今日においては、根管形成の目的とその重要性についての見解は普く一致するところであり、機械的拡大による根管内容物の徹底的な清掃除去とその後に根管を気密に封鎖することを、根管治療の主眼とすることに、異議を差し挟む者はいないであろう。

にもかかわらず、これまで臨床での個々の症例に際して、「根管をどこまで、どの程度まで拡大すればよいのか」という最も肝腎な点についての、明解で信頼のおける“指針”が存在していたとは言い難い。

明確な指針を打ち出せないでいた背景として、根管形態の複雑性、手探りで視認性を得ない、彎曲歯根、など器械操作の限界性に加えて、実験や調査上においても、in vitro では条件の設定が難しく、また in situ ではX線写真による評価が主体



となるために偏った情報しか得られない等等、見解に相違や分異を導く因子が障壁となっていたことは否めない。すなわち、系統的でない個々の研究や報告が様々な結果や評価を導き、さらに実際のでない机上の理論が、本来単純な操作であるべき根管形成をより混み入った難解なものにしてきたように思われる。このような状況下では個々の症例は千差万別と考えざるを得ず、一定の基準を与えること自体ナンセンスとされ、きわめて曖昧で幅の広いガイドラインの中から、主として臨床経験に依存した、臨機応変の根管形成が推奨されてきたわけである。しかし、はっきりした科学的な裏付けもなく、視認することもできず、文字通り手探りの状態で最良の根管形成を成し遂げ得る一般臨床家が、果して何人いるであろうか。

ここで述べた安田の基準は、根管形成を行う際の解り易いガイドであり、殊に初心者や経験の浅い臨床家にとっては有用なものとなるであろう。しかしながら、この基準に適合した根管形成を達成するためには、根管長測定により根尖孔-1 mm 位置を正確に知ることと、その位置まで精密に器械操作を行うこと、の2つの基本技術が確実に行われねばならない。

安田の基準に達しても、なお拡大不十分が伺われるような明らかに太い根管には、従来行ってきたような対応が必要なことは言うまでもないことであるが、むしろ注意すべきは、拡大器械の根管内での抵抗感や根管壁削除の状態から、拡大が十分に行い得たと判断されても、またX線写真で細小根管と見えても、この拡大基準に達するまでは拡大すべきであるという点である。すなわち、従来行われてきた拡大と比べてサイズアップしたとはいえ、安田の基準で指定した拡大サイズは、根管形成を得るための最低基準であり、必要条件と位置づけるのが無難である。したがって、通例的には先ずこの基準下での形成が優先されるべきである。

しかし、彎曲根管に対しては要注意である。殊に、根管に最初に挿入した細いサイズのリーマーやファイルを引き出した際に、明らかな彎曲が印記されるような根管では、安田の基準は禁忌である。日常の臨床では、安田の基準を適用し得ないような強い彎曲を有する根管が稀であることは幸いというべきであるが、いずれにせよ、いかなる

彎曲根管とはいえども、必要条件として安田の基準程度の拡大形成が望ましいことは明白であり、目下、彎曲根管への対応を考慮しての研究を続行中であるので、いずれ報告の機会を持ちたい。

## 文 献

- 1) Grossman, L. I., Shepard, L. I. and Pearson, L. A. (1964) Roentgenologic and clinical evaluation of endodontically treated teeth. *Oral Surg.* **17**: 368-374.
- 2) 八幡昌介(1974) 感染根管治療の予後成績について。日歯保誌, **17**: 257-274.
- 3) 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.
- 4) Ingle, J. I. and Taintor, J. F. (1985) *Endodontics*, 3rd ed, 26-52. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 5) Seltzer, S. (1988) *Endodontology*, 2nd ed, 16-19. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 6) Gutierrez, J. H. and Garcia, J. (1968) Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. *Oral Surg.* **25**: 108-115.
- 7) Davis, S. R., Brayton, S. M. and Goldman, M. (1972) The morphology of the prepared root canal. *Oral Surg.* **34**: 642-648.
- 8) Jungman, C. L., Uchin, R. A. and Bucher, J. F. (1975) Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J. Endodon.* **1**: 66-69.
- 9) Mizrahi, S. J., Tucker, J. W. and Seltzer, S. (1975) A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instruments. *J. Endodon.* **1**: 324-333.
- 10) Moodnic, R. M., Dorn, S. D., Feldman, M. J., Levey, M. and Borden, B. G. (1976) Efficacy of biomechanical instrumentation. *J. Endodon.* **2**: 261-266.
- 11) Rubin, L. M., Skobe, Z., Krakow, A. A. and Gron, P. (1979) The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy. *J. Endodon.* **5**: 328-335.
- 12) 笠原悦男(1988) 根管の機械的拡大についての実験的な研究, I. 新鮮抜去歯を用いた清掃効果に関する実験; II. 根尖狭窄部の拡大と根尖歯周組織の治癒との関係。神奈川歯学, **22**: 604-631.
- 13) Hess, W. and Zurcher, E. (1925) *The anatomy of the root canals of the teeth of the permanent dentition*, 3-46. John Bale, Sons & Danielson, London.

- 14) Green, D. (1955) Morphology of the pulp cavity. *Oral Surg.* 8: 743-759.
- 15) 三沢捨雄 (1960) 透明標本による歯髓腔の形態学的研究. *口腔科学紀要*, 4: 400-424.
- 16) 小野寅之助 (1968) 根管 (歯髓腔) 解剖図鑑, 第2版, 19-201. 医歯薬出版, 東京.
- 17) 霞内純史, 高橋和人, 横地千仞 (1971) 真空注入法による歯髓腔の形態学的研究, 第1報. *歯基礎誌*, 13: 403-427.
- 18) 霞内純史, 高橋和人, 横地千仞 (1972) 真空注入法による歯髓腔の形態学的研究, 第2報特に管外側枝と根端分岐について. *歯基礎誌*, 14: 156-185.
- 19) Vertucci, F. J. (1974) Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *J. Am. Dent. Assoc.* 89: 369-371.
- 20) De Deus, Q. D. (1975) Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J. Endodon.* 1: 361-366.
- 21) 山本昭夫, 笠原悦男, 安西正明, 塚田 洋, 山田博仁, 安田英一 (1988) 抜髄ならびに感染根管治療の臨床成績について, 画一的な拡大基準の応用. *日歯保誌*, 春季特別号, 31: 59.
- 22) Kerekes, K. and Tronstad, L. (1977) Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J. Endodon.* 3: 24-29.
- 23) Kerekes, K. and Tronstad, L. (1977) Morphometric observations on root canals of human premolars. *J. Endodon.* 3: 74-79.
- 24) Kerekes, K. and Tronstad, L. (1977) Morphometric observations on root canals of human molars. *J. Endodon.* 3: 114-118.
- 25) Kasahara, E., Yasuda, E., Yamamoto, A. and Anzai, M. (1990) Root canal system of the maxillary central incisor. *J. Endodon.* 16: 158-161.
- 26) Kasahara, E., Yasuda, E., Yamada, H. and Miyazawa, A. (1991) An evaluation of guidelines for the apical enlargement of maxillary premolars. *J. Endodon.* 17: 1-7.
- 27) 小林正三, 坂美穂子, 酒井満明, 坪島充男, 町田薫, 笠原悦男, 安田英一 (1980) 透明標本による根管形態の観察について. *日歯保誌*, 23: 460.
- 28) Kuttler, Y. (1955) Microscopic investigation of root apices. *J. A. D. A.* 50: 544-552.
- 29) Best, E. J. Gervasio, W., Sowle, J. T., Winter, S. and Gurney, B. F. (1960) A new method of tooth length determination for endodontic practice. *Dent. Dig.* 66: 450-454.
- 30) Bregman, R. C. (1950) A mathematical method of determining the length of a tooth for root canal treatment and filling. *J. Can. Dent. Assoc.* 16: 305-306.
- 31) Bramante, C. M. and Berbert, A. (1974) A clinical evaluation of some methods of determining tooth length. *Oral Surg.* 37: 463-473.
- 32) Green, D. (1956) A stereomicroscopic study of root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg.* 9: 1224-1232.
- 33) Green, D. (1960) A stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg.* 13: 728-733.
- 34) 砂田今男 (1958) 根管長の新しい測定法について. *口病誌*, 25: 161-171.
- 35) 駒村太千, 松元 仁, 川口義治, 砂田今男 (1965) 交流抵抗装置による根管長測定法. *日歯保誌*, 7: 221-226.
- 36) 脇 秀典 (1981) 電氣的根管長測定法に関する基礎的研究, リーマー先端と電解質の接触により生ずるインピーダンスについて. *日歯保誌*, 24: 115-131.
- 37) 関澤俊郎, 山本昭夫, 塚田 洋, 安西正明, 小野泰男, 竹内正道, 笠原悦男, 安田英一 (1987) リーマーの先端と電解質の接触で生ずるインピーダンスの測定, 3機種と比較検討. *松本歯学*, 13: 412.
- 38) 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の長期観察について. *日歯保誌*, 29: 890-900.
- 39) 長谷川清 (1979) 新しい根管長測定器. *歯材器誌*, 36: 263.
- 40) 安田英一, 山本昭夫, 竹内博文, 塚田 洋, 安西正明, 澤田周介, 小野泰男, 笠原悦男 (1986) Endocater の臨床使用経験について. *松本歯学*, 12: 34-41.
- 41) 笠原悦男, 山田博仁, 塚田 洋, 澤田周介, 安西正明, 山本昭夫, 安田英一 (1987) Endocater の臨床使用経験について, 第2報抜髄ならびに感染根管治療への応用. *松本歯学*, 13: 321-328.
- 42) 長谷川清, 飯塚秀人, 加藤保雄, 飯島清人, 竹井満久, 大橋正敏 (1985) 電氣的根管長測定法に関する研究, 根管長測定法の改善と臨床応用 (エンドテープ法). *日歯保誌*, 28: 740-747.
- 43) 山下 豊, 山岡 大, 福田裕文, 大島基嗣, 田村一弥, 斉藤 毅 (1988) 根管湿润状態で測定する試作根管長測定器の根尖到達度について. *日歯保誌*, 秋季特別号, 31: 127.
- 44) 山岡 大, 山本 寛, 田中正一, 鈴木 薫, 永井敏, 斉藤 毅 (1984) 根管長電子計測法の基礎的研究, (3) 相対値法を用いた根管長測定器の試作. *日歯保誌*, 28: 293-294.
- 45) Senia, E. S., Marshall, F. J. and Rosen, S. (1971) The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg.* 31: 96

- 103.
- 46) Ram, Z. (1977) Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg.* **44**: 306—312.
  - 47) 小澤寿子, 東野あさみ, 今村俊彦, 金井克樹, 楠雅博, 新井 高, 中村治郎 (1982) 根管拡大清掃後の根管内壁面の走査電顕的観察, 根中央部と根尖部との比較. *日歯保誌*, **25**: 148—158.
  - 48) 河内勝和, 北木マサ子, 東 富恵, 岡本 莫 (1972) 感染根管の象牙細管内における細菌侵襲について. *日歯保誌*, **15**: 109—117.
  - 49) Grossman, L. I. (1970) *Endodontic practice*, 7th ed, 208. Lea & Febiger, Philadelphia.
  - 50) Ingle, J. I. (1965) *Endodontics*, 168. Lea & Febiger, Philadelphia.
  - 51) Haga, C. S. (1968) Microscopic measurements of root canal preparations following instrumentation. *J. Brit. Endodont. Soc.* **2**: 41—46.
  - 52) Walton, R. E. (1976) Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J. Endodon.* **2**: 304—311.
  - 53) Grossman, L. I., Oliet, S. and Del Rio, C. E. (1988) *Endodontic practice*, 11th ed, 203. Lea & Febiger, Philadelphia.
  - 54) Ingle, J. I. and Taintor, J. F. (1985) *Endodontics*, 3rd ed, 197. Lea & Febiger, Philadelphia.
  - 55) Cohen, S. and Burns, R. C. (eds.) (1987) *Pathways of the pulp*, 4th ed, 170—171. CV Mosby, St. Louis.
  - 56) 笠原悦男, 富田良治, 鈴木健雄, 倉科雄二, 高橋健史, 安田英一 (1977) 根管の機械的拡大と無菌性獲得との関係について. *日歯保誌*, **20**: 456—461.
  - 57) Seltzer, S., Soltanoff, W., Bender, I. B. and Ziontz, M. (1966) Biologic aspects of endodontics. *Oral Surg.* **22**: 375—385.
  - 58) Seltzer, S., Bender, I. B., Smith, J., Freedman, I. and Nazimov, H. (1967) Endodontic failures—An analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings, Part I, II. *Oral Surg.* **23**: 500—530.
  - 59) Sinai, I., Seltzer, S., Soltanoff, W., Goldenberg, A. and Bender, I. B. (1967) Biologic aspects of endodontics. *Oral Surg.* **23**: 664—679.
  - 60) Seltzer, S., Soltanoff, W., Sinai, I., Goldenberg, A. and Bender, I. B. (1968) Biologic aspects of endodontics. *Oral Surg.* **26**: 534—546.
  - 61) Seltzer, S., Soltanoff, W., Sinai, I. and Smith, J. (1969) Biologic aspects of endodontics. *Oral Surg.* **28**: 724—738.
  - 62) Seltzer, S., Soltanoff, W. and Smith, J. (1973) Biologic aspects of endodontics. *Oral Surg.* **36**: 725—737.
  - 63) Bhasker, S. N. and Rappaport, H. M. (1971) Histologic evaluation of endodontic procedures in dogs. *Oral Surg.* **31**: 526—535.
  - 64) Malooley, J., Patterson, S. S. and Kafrawy, A. (1979) Response of periapical pathosis to endodontic treatment in monkey. *Oral Surg.* **47**: 545—555.
  - 65) Tanzilli, J. P., Nevins, A. J. and Borden, B. G. (1981) A histologic study comparing Hydoron and gutta-percha as root canal filling materials in monkeys. *J. Endodon.* **7**: 396—401.
  - 66) Holland, R. and Souza, V. (1985) Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J. Endodon.* **11**: 535—543.
  - 67) 曾我直夫 (1975) 根管充填に関する研究: とくに過剰根管充填が歯周組織にあたえる影響に関する実験的研究. *歯科医学*, **38**: 615—632.
  - 68) 奥田修平 (1974) ポイントと糊剤との併用による麻酔抜髄即時根管充填法に関する臨床病理学的研究. *歯科学報*, **74**: 804—871.
  - 69) Davis, M. S., Joseph, S. W. and Bucher, J. F. (1971) Periapical and intracanal healing incomplete root canal fillings in dogs. *Oral Surg.* **31**: 526—536.
  - 70) Horstad, P. and Nygaard-Ostby, B. (1978) Tissue formation in the root canal after total pulpectomy and partial root filling. *Oral Surg.* **46**: 275—282.
  - 71) Holland, R., Nery, M. J., Mello, W., Souza, V., Bernabe, P. F. E. and Otoboni Filho, J. A. (1979) Root canal treatment with calcium hydroxide. *Oral Surg.* **47**: 93—96.
  - 72) 吉川 伸, 島銀一郎, 伊地智弘昌, 浜田 毅, 野津眞一郎, 戸田忠夫 (1986) 根管用シーラーの根尖歯周組織への影響について. *日歯保誌*, **29**: 1512—1521.
  - 73) 荒木孝二, 渡辺 泉, 興地隆史, 伊澤常泰, 須田英明, 砂田今男 (1987) 新根管充填用シーラー-NU-59について(第3報). *日歯保誌*, **30**: 1380—1386.
  - 74) Patterson, S. M., Patterson, S. S., Newton, C. W. and Kafrawy, A. H. (1988) The effect of an apical dentin plug in root canal preparation. *J. Endodon.* **14**: 1—6.
  - 75) 山村武夫 (1989) 歯髓, 歯周組織および根尖(根端)組織の病理. *歯科学報*, **89**: 1859—1888.