根未完成歯の歯髄処置における各種薬剤の 効果に関する実験的研究

九州歯科大学大学院歯学研究科第2保存学専攻 (指導: 吉田光雄教授)

九州歯科大学口腔病理学教室 (指導: 上野正康教授)

中 村 一 孝

昭和51年11月26日受付

(本論文の要旨は、昭和49年10月26日第21回日本歯科保存学会総会および昭和51年九州歯科学会11月例会において発表した。)

An Experimental Study Relative to Endodontic Therapy with Pulp Capping Medicaments of Immature Teeth

By

Kazutaka Nakamura

Second Department of Operative Dentistry (Director: Prof. Mitsuo Yoshida)

Department of Oral Pathology (Director: Prof. Masayasu Ueno)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

A total of 77 puppies was used as materials to utilize their immature teeth with large-sized pulp cavity. The pulp of lower premolar teeth of these animals was amputated in both sides of jaw. We selected, Calvital among medicaments of calcium hydroxide, Dycal, Hydrex and mono-Calcium hydroxide as comparison, and Cavitec among medicaments of eugenol, five kinds in all, and about the effects of those medicaments the healing processes involving repair of cavity shape, further growth of the root and possible change of periodontal tissues were studied by means of radiological and patho-histological methods. Results were summarized as follows.

1. On the 1st day following the vital amputation of pulp, the X-ray showed no sign of opaque at amputated side, but patho-histological findings showed a clear boundary formed between vital and necrotic pulpal tissues as an instance of mono-Calcium hydroxide.
2. On the 3rd day X-ray films showed a thin line of radiopaque at amputated side as examples of Calvital and mono-Calcium hydroxide. This patho-histological showed that there appeared spindle cells on the surface layer of the pulp and that fiber components increased, and this corresponds to characteristics in the beginning of formation of a new dentine barrier.
3. On the 7th day, when I used Calvital and mono-Calcium hydroxide radiopaque, thin lines became thick and clearer, and a formation of the new dentine barrier

was observed on this part and odontoblasts appeared.

4. On the 14th day, when I used Calvital, mono-Calcium hydroxide and Dycal, opaque was remarkable and the width and clearness increased. In this period the formation of dentine barrier was observed clearly. When we used Cavitec, radio-opacity was still distinguished and until the 14th day suppurative inflammation remained from amputated side to deep tissue, and the pulp of the root canal was going to suppurate and collapse.
5. After twenty one days, in the cases of Calvital, mono-Calcium hydroxide and Dycal the opaque band was as wide as before, and the dentine barrier became thicker and living pulp was covered with it completely. In the case of Dycal I observed very few formation of necrosis layer on the surface of the pulp just under the amputated part. This was also found in the case after 62 days. In the case of Cavitec the opaque band was not seen, but spindle cells appeared and fibers increased in the pulp just under the amputated part, and the pulp between the middle of the root and root apex was kept normal. In the case of Hydrex radiopacity was distinguished, and the pulp showed suppurative inflammation to the middle part of the root.
6. As for formation of the root apex, after 62 days in the cases of Calvital, mono-Calcium hydroxide, Dycal and Cavitec the apical foramen was covered with cellular cement almost completely. In the case of Hydrex suppurative inflammation was kept long and it reached the root apex. In consequence formation of dentine near the root apex was thin, and in spite of addition to cellular cement we could not find any covering on the root apex.
7. In the cases of Calvital, mono-Calcium hydroxide, and Dycal dentine of the wall of root canal grew and the form of the pulp cavity was recovered satisfactorily.

In the case of Cavitec it was recovered less satisfactorily, and in case of Hydrex it was hardly observed.

As mentioned above I believe that Calvital, mono-Calcium hydroxide, and Dycal can apply to the pulp of immature teeth under development and that they are clinically very useful.

As for Cavitec rather severe inflammatory reaction was recognized in a short time experiment, and therefore, seemed very unstable, and, I guess Hydrex is almost impossible to apply.

結 言

歯内療法学の分野においては、歯牙齲蝕に罹患したり、器械的損傷を被ってもなおかつ歯髓組織が本来の機能を有している限り、その原因的要素を取り除き、極めて優れた生物学的処置法（生物学的に被覆保護する歯髓処置）を行なうことにより、歯髓の固有機能を発揮さ

せるとともに、機能回復を計ることは可能である^{2,3,15,17,27,30-33,35-38}。歯根未完成幼若永久歯（以下、

根未完成歯と略記）は根管象牙質が薄く、髓腔は広く、根尖部は開大し、歯髓組織は根端周囲組織と広く交通していて、歯根形成途上にある。したがって歯根發育の状態、歯周組織との結合状態や咬合機能の回復、顎骨の發育との結びつきなど、大きく変化する要素を考えると極

めて不安定な状態にある。このような状態下にある歯髓組織に一部病変が生じた場合は、歯根の発育を考えると、生活歯髓切断 (Vital pulp Amputation 以下, V.A と略記) が最も適切な処置であることは周知の通りであり、臨床的にも高く評価されているにもかかわらず、著者が渉猟した限りでは、根未完成歯における歯髓処置に関する研究は極めて少なく、浅井・他(1969)²³⁾、山下(1961)¹⁴⁾、長谷川(1969)²⁴⁾、などの断片的な臨床病理学的報告をはじめとして、Frank(1966)⁴⁰⁾、John(1972)⁴¹⁾、木村(1973)²⁹⁾などの動物実験による報告がみられるにすぎない。またわが国や欧米諸国において開発され、使用されている各種覆髓剤の治癒機転に関する研究もほとんどみられない。当教室の木村(1973)²⁹⁾は実験的に根未完成歯の歯髓腔大なる発育期にある健康幼若犬を用いて、歯髓処置について水酸化カルシウム製剤 (Calvital) を使用し、V.A 後の治癒経過、歯根の発育、歯周組織におよぼす影響について、レントゲン線 (以下、レ線と略記) 学のおよび病理組織学的に検索し、解剖学的に正常なる歯根の発育、完成を実証している。そこで著者は、木村(1973)²⁹⁾の実験を基礎とし、生物学的理念に基づいて水酸化カルシウム系製剤から Calvital, Dycal, Hydrex, Calcium hydroxide 単味、ユージノール系製剤から Cavitec の計 5 種類を選択し、V.A 後の各種薬剤の効果についてレ線学のおよび病理組織学的に比較検索した結果、興味ある知見を得たので報告する。

実験材料ならびに実験方法

1. 実験材料

本研究には、生後 7 カ月前後の根未完成歯の健康幼若犬を 1 週間飼育し¹⁶⁾、環境適応させたのち実験に供した。実験部位は下顎左側または右側の小白歯部で、77 頭計 228 例を研究材料として使用した。なお本研究に使用された薬剤は、歯髓創傷面に対して優れた治癒効果が期待でき、欧米諸国やわが国などにおいても使用されている水酸化カルシウム系製剤から Calvital を対照として、Dycal, Hydrex, Calcium hydroxide 単味、ユージノール系製剤から Cavitec の計 5 種類を使用し、比較検討した。この研究に使用した薬剤は次の通りである。

(1) Calvital

a. 粉末

水酸化カルシウム	78.5%
ヨードホルム	20.0%

スルファチアゾール 1.4%

グアノフラシン 0.1%

b. 液

T カイン 0.5%

プロピレングリコール 50.0%

蒸留水 49.5%

(2) Dycal

a. 基剤

二酸化チタン 56.7%

b. 硬化剤

水酸化カルシウム 53.5%

酸化亜鉛 9.7%

(3) Hydrex

a. 基剤

水酸化カルシウム

酸化チタン, 硫酸バリウム

b. 硬化剤

不明

(4) Calcium hydroxide 単味

a. 粉末

水酸化カルシウム

b. 液

生理食塩水

(5) Cavitec

a. 基剤

酸化亜鉛, その他

b. 硬化剤

ユージノール, その他

2. 実験方法

実験動物は、ペントバルビタール・ナトリウム注射液によって静脈内注射を行ない、全身麻酔下に歯科用レ線フィルムで実験部位を撮影したのち、口腔内を 3% 過酸化水素水で十分に洗滌し、手術部位に稀ヨードチンキを塗布したのち、滅菌水の持続的注水下に、カーボランダムポイントで歯冠部エナメル質、象牙質を削除し、滅菌バー (No. 1 ~ No. 3) で髓腔を開拡した。さらにラウンドバー (No. 4 ~ No. 8) により根管口部において V.A 手術を行なった。そして 3% 過酸化水素水に浸した綿球で数回洗滌すると同時に乾燥した綿球で軽く圧接し、切断部の止血を行なった。つぎに各種覆髓剤によって覆髓を施し、酸化亜鉛ユージノールセメントによる裏装ののち、アマルガム充填を行なって手術を完了した。手術完了直後歯科用フィルムにて実験部位を撮影し、すべてを完了した。実験動物は V.A 手術を行なったのち、1 日、3

日、7日、14日、21日、35日、62日の各実験期間飼育後、標本を採取するためペントバルビタール・ナトリウム注射液により薬殺し、ただちに下顎骨を取り出して10%中性ホルマリン固定液に投入した。標本は電気脱灰または硝酸脱灰を行ない通法に従って、セロイジン包埋をしたのち15 μ 連続切片標本を作製し、Hematoxylin-Eosin染色およびAzan染色を施し鏡検した。

実験成績

I レ線学的所見

1) Calvital

術後1日：1号 $\overline{6}$ 、12号 $\overline{6}$ 、1号 $\overline{7}$ 、12号 $\overline{7}$ 、1号 $\overline{8}$ 、12号 $\overline{8}$

切断部は遠心根であるが、歯髄は根管口部で切断されているのが明瞭である。一般に歯根の長さはほぼ一定に達している。歯髄腔壁の象牙質は菲薄に形成され、歯髄腔は非常に広い状態を示している。根尖部は未完成で開大しているのが明瞭である。歯髄腔のレ線透過度は強く、根管中間位歯髄と根尖部歯髄はほぼ幅を同じくし、歯周組織と交通している。歯根膜線ならびに歯槽硬線は近心根、遠心根ともにやや幅を広くして、発育中の歯根の形成部までみられる。また骨の石灰化が著明である。

術後3日：6号 $\overline{6}$ 、15号 $\overline{6}$ 、6号 $\overline{7}$ 、15号 $\overline{7}$ 、6号 $\overline{8}$ 、15号 $\overline{8}$

切断部は遠心根で、根管口部において明瞭にみられる。1日目の所見ではみられなかったが、3日目では15号 $\overline{8}$ を除いては切断部直下にレ線に不透過性の明影像として弧状をなした細線が歯髄腔壁から歯髄中央部に連続してかすかにみられる。歯根の発育状態については、歯根の長さは1日目と同様に、ほぼ一定の長さに達している。歯髄腔壁の象牙質は薄く、歯髄腔は広い状態を示している。歯髄腔のレ線透過度は強く、根尖部歯髄は幅を広くして歯周組織と大きく交通している（写真1：6号 $\overline{6}$ 、6号 $\overline{7}$ 、6号 $\overline{8}$ ）。

術後7日：66号 $\overline{6}$ 、10号 $\overline{7}$ 、66号 $\overline{7}$ 、10号 $\overline{8}$ 、66号 $\overline{8}$

切断部は遠心根であるが、根管口部で切断されているのが明瞭である。歯髄切断部は3日目では、レ線に不透過性の明影像として弧状の細線がみられたが、7日経過すると不透過性の細線はやや幅を増して帯状をなしているのが著明である。一般に歯根の発育状態は、近心根に比べ遠心根の発育がやや優っているが、根尖部は未完成の状態にあるのが明瞭である。歯髄腔壁の象牙質は3日目に比べやや厚さを増しているが未だ薄く、歯髄腔はレ

線透過度が強く、根尖部歯髄は歯周組織と交通している。歯根膜線は発育中の歯根の形成部まで明瞭にみられる。

術後14日：22号 $\overline{6}$ 、17号 $\overline{6}$ 、22号 $\overline{7}$ 、17号 $\overline{7}$ 、22号 $\overline{8}$ 、17号 $\overline{8}$

歯髄切断部は14日目になると、レ線不透過性の明影帯としてその鮮明度を増してくる。根尖歯周組織には何ら著変はみられない（写真2：22号 $\overline{6}$ 、22号 $\overline{7}$ 、22号 $\overline{8}$ ）。

術後21日：24号 $\overline{6}$ 、21号 $\overline{6}$ 、24号 $\overline{7}$ 、21号 $\overline{7}$ 、24号 $\overline{8}$ 、21号 $\overline{8}$

21号 $\overline{6}$ を除いて歯髄切断部の明影帯は、平均して一層顕著にみられるようになる。歯根の発育は実験直後に比べやや歯髄腔壁の象牙質は厚さを増し、髄腔の幅は縮小し、レ線透過度はやや減少している。根尖は形成の途上にある。一般に歯根の発育は近心根、遠心根ともに順調に進み歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部において不明瞭になっているが、根尖部は形成が始まっている。

術後35日：48号 $\overline{6}$ 、23号 $\overline{6}$ 、48号 $\overline{7}$ 、23号 $\overline{7}$ 、48号 $\overline{8}$ 、23号 $\overline{8}$

35日に至ると、21日目に比べ一般に歯髄切断部は凹陷部として透過像をみるようになる。歯髄腔壁の象牙質は厚さを増し、歯髄腔の順次縮小、歯髄腔のレ線透過度の減少は顕著にみられるようになる。また歯根膜線ならびに歯槽硬線は未だ幅を広くしているが、根尖部まで連続し、根尖部を形成している。写真3は48号の実験直後のものであるが歯髄腔壁の象牙質は薄く、髄腔はレ線透過度が強く、歯根膜線ならびに歯槽硬線は歯根の形成部までみられ、根尖部歯髄と歯周組織は大きく交通している。歯髄は根管口部で切断されているのが明瞭である。写真4は写真3の術後35日目の所見であるが、歯髄切断部ならびに歯根の発育状態は先に述べた如くである。

術後62日：53号 $\overline{6}$ 、28号 $\overline{6}$ 、53号 $\overline{7}$ 、28号 $\overline{7}$ 、53号 $\overline{8}$ 、28号 $\overline{8}$

写真5は53号の実験直後のもので、歯髄は根管口部で切断されているのが明瞭で、歯根の形成は歯根長の約 $\frac{3}{4}$ の形成時期にある。写真6は写真5の術後62日経過例である。一般に歯髄切断部にみられる凹陷部は35日目の所見に比して広範囲で、レ線透過度も強く、やや下方で厚い明影帯がみられるようになる。歯髄腔壁の象牙質はさらに幅を広くし、歯髄腔は狭小となり、レ線透過度の減少が顕著になり根尖部周囲の歯根膜線ならびに歯槽硬線は明瞭に認められ、根尖部は完成している。根尖周囲組織には何ら著変はみられない。

2) Dycal

術後1日: 3号⁶, 29号⁶, 3号⁷, 29号⁷

実験部位は遠心根であるが、歯髓は根管口部で切断されているのが明瞭である。歯根は短く歯根長の約 $\frac{2}{3}$ の形成時期を示し、発育の途中にある。その他は Calvital 1日目の所見と同様である。

術後3日: 7号⁶, 34号⁶, 7号⁷, 34号⁷, 7号⁸, 34号⁸

歯髓切断部は、Calvital の例においてはレ線不透過性の明影像として弧状の細線がみられたが、根管口部で切断されている他は、何ら著変はみられない。歯根の発育の状態は1日目とはほぼ同様な所見を呈している(写真7: 7号⁶, 7号⁷, 7号⁸)。

術後7日: 35号⁶, 20号⁷, 35号⁷, 20号⁸, 35号⁸

歯髓切断部は、3日目にはみられなかったがレ線に不透過性の明影像が弧状をなした細線としてわずかにみられるようになる。歯根の長さはほぼ一定に達しているが、根尖部は未完成の状態にある。

術後14日: 19号⁶, 36号⁶, 19号⁷, 36号⁷, 19号⁸, 36号⁸

写真8(19号⁶, 19号⁷, 19号⁸)に示しているように、一般に歯髓切断部は Calvital 14日目とはほぼ同様に、7日目に比してレ線不透過性の像は細線から明影帯として鮮明度を増した所見を呈している。歯根の長さはほぼ一定の長さに達しているが、未だ未完成の状態にあり根尖部は開大し、根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通している。

術後21日: 30号⁶, 30号⁷, 37号⁷, 30号⁸, 37号⁸

14日目に比べ歯髓切断部に発現する不透過性の明影帯はやや幅を増して一層顕著になってくる。21日経過後も実験直後に比べ歯髓腔の象牙質、髓腔の幅、レ線透過度に著変はみられないが、歯根膜線ならびに歯槽硬線は幅を広くして根尖部近くまで認められ、根尖部の形成が始まっている。

術後35日: 32号⁷, 38号⁷, 32号⁸, 38号⁸

写真9は32号⁷, 32号⁸の実験直後のものである。歯髓切断部は根管口部で明瞭である。写真10は写真9の術後35日目のものであるが、歯髓切断部は Calvital 35日目の所見に比べ凹陷部に相当するレ線透過度は軽度で、その直下の不透過性の明影帯は厚さを増し、歯根膜線ならびに歯槽硬線もやや幅を広くして根尖部まで連続してみられ、歯根の発育も Calvital とほぼ同様な所見

を呈している。

術後62日: 52号⁶, 41号⁶, 52号⁷, 41号⁷, 52号⁸, 41号⁸

すべての例において歯髓切断部にみられる凹陷部の透過度は Calvital に比べ軽度で、髓腔壁の象牙質の形成は35日に比べさらに進み、歯髓腔は狭小となり、歯髓切断後の歯根の発育は Calvital とほぼ同様の所見を呈し、根尖部は完成している。写真11(52号⁶, 52号⁷, 52号⁸)は実験直後のもので、写真12は写真11の術後62日経過例で歯髓切断後の歯根の順調な発育状態が観察され、歯根は完成している。

3) Hydrex

術後1日: 2号⁶, 42号⁶, 2号⁷, 42号⁷, 42号⁸

何ら著変はみられない。

術後3日: 8号⁶, 43号⁶, 8号⁷, 43号⁷, 8号⁸, 43号⁸

写真13(8号⁶, 8号⁷, 8号⁸)に示しているように、歯髓切断部は Calvital 3日目にみられたようなレ線不透過性の弧状をなした細線はみられない。歯根の長さはほぼ一定に達しているが、髓腔壁の象牙質は薄く、歯髓腔は広く、レ線透過度は強い。根尖部は開大し歯周組織と大きく交通しているのが明瞭である。

術後7日: 11号⁷, 44号⁷, 11号⁸, 44号⁸

歯髓切断部は7日経過例においても Calvital や Dycal にみられたような所見は呈しておらず、何ら著変はみられない。

術後14日: 13号⁶, 13号⁷, 46号⁷, 13号⁸, 46号⁸

一般に歯髓切断部は、14日経過例においても Calvital や Dycal においてみられたような健康歯髓との境界線はみられず、歯髓腔は透過度の強い所見を呈している。歯根の発育については、根尖部以近に球根状の像がかすかに現われてくる(写真14は13号⁶, 13号⁷, 13号⁸である)。

術後21日: 25号⁶, 69号⁶, 25号⁷, 69号⁷, 25号⁸, 69号⁸

歯髓切断部は14日目の所見と大差はないが、歯根については69号⁷を除いてすべての例に、14日目にみられたような根尖部付近の球根状の像は一層著明になってくる。

術後35日: 39号⁶, 50号⁶, 39号⁷, 50号⁷, 39号⁸, 50号⁸

歯髓切断部は35日に至っても何ら著変はなく、写真15

(39号 $\overline{6}$, 39号 $\overline{7}$, 39号 $\overline{8}$) でみられるように, 実験直後から術後35日経過しても(写真16は写真15の35日経過例) 髓腔壁の象牙質, 髓腔の幅, レ線透過度は実験直後と何ら変化はみられないが, 歯根膜線ならびに歯槽硬線は歯根の形成部までみられる。

術後62日: 47号 $\overline{6}$, 51号 $\overline{6}$, 47号 $\overline{7}$, 51号 $\overline{7}$, 47号 $\overline{8}$, 51号 $\overline{8}$ 。

写真17(47号 $\overline{6}$, 47号 $\overline{7}$, 47号 $\overline{8}$) は実験直後を示している。歯髓は根管口部で切断され, 歯根は $\frac{2}{3}$ の形成にとどまっている。写真18は写真17の術後62日経過したものである。35日目の所見と同様に切断部には, 不透過性の像はみられず, 実験直後の所見と同様に髓腔壁の象牙質は薄く, 歯髓腔の透過度も強く, 歯根膜線ならびに歯槽硬線は球根状をなした根尖部付近まで明瞭である。47号 $\overline{8}$ では, 根尖部付近で歯根膜線ならびに歯槽硬線は不明瞭となっている。また51号 $\overline{6}$, 51号 $\overline{7}$, 51号 $\overline{8}$ では35日目にみられたように歯髓腔には, 何ら著変はみられないが, 根尖部付近は球根状の像が一層明瞭に現われてくる。

4) Calcium hydroxide 単味

術後1日: 4号 $\overline{6}$, 54号 $\overline{6}$, 4号 $\overline{7}$, 54号 $\overline{7}$, 4号 $\overline{8}$, 54号 $\overline{8}$ 。

Calvitalの所見と大差はない。

術後3日: 9号 $\overline{6}$, 55号 $\overline{6}$, 9号 $\overline{7}$, 55号 $\overline{7}$, 9号 $\overline{8}$, 55号 $\overline{8}$ 。

歯髓切断部は, Calvital の所見と同様にレ線に不透過性の弧状をなした細線がみられる場合と不明瞭な場合とがある。9号 $\overline{6}$, 9号 $\overline{7}$ ではかすかに認められる(写真19)。

術後7日: 14号 $\overline{7}$, 56号 $\overline{6}$, 56号 $\overline{7}$, 14号 $\overline{8}$, 56号 $\overline{8}$ 。

Calvital の所見と同様に歯髓切断部と健康歯髓はレ線不透過性の明影帯によって明瞭に区別できる。

術後14日: 26号 $\overline{6}$, 57号 $\overline{6}$, 26号 $\overline{7}$, 57号 $\overline{7}$, 26号 $\overline{8}$, 57号 $\overline{8}$ 。

26号 $\overline{6}$, 26号 $\overline{7}$, 26号 $\overline{8}$ にみられるように一般に歯髓切断部直下にみられる不透過性の明影帯は, その鮮明度を増している。歯根の発育については, 実験直後とは何ら著変はみられない(写真20)。

術後21日: 27号 $\overline{6}$, 58号 $\overline{6}$, 27号 $\overline{7}$, 58号 $\overline{7}$, 27号 $\overline{8}$, 58号 $\overline{8}$ 。

切断部直下にみられる不透過性の明影帯は, 14日目に比べさらに幅を増している。歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部付近では不明瞭であるが, 根尖部の形成は始ま

っているように思われる。

術後35日: 31号 $\overline{6}$, 59号 $\overline{6}$, 31号 $\overline{7}$, 59号 $\overline{7}$, 31号 $\overline{8}$, 59号 $\overline{8}$ 。

写真21は, 31号 $\overline{6}$, 31号 $\overline{7}$, 31号 $\overline{8}$ の実験直後で, 写真22は写真21の術後35日経過したものである。歯髓切断部は一般に Calvital とほぼ同様な所見を呈し, 歯髓切断後の歯根の発育については, 歯根膜線ならびに歯槽硬線はやや幅を広くして根尖部まで連続してみられ, 歯根の発育は順調に行なわれている。

術後62日: 45号 $\overline{6}$, 60号 $\overline{6}$, 45号 $\overline{7}$, 60号 $\overline{7}$, 45号 $\overline{8}$, 60号 $\overline{8}$ 。

歯髓切断部の凹陷部は広く, 透過度も強く, その下方において明影帯は幅広く形成されている。歯髓腔は狭小となりレ線透過度は減少しているのが顕著で, 歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部まで連続し, 歯根は完成しているのが明瞭である。根尖歯周組織には何ら著変はみられない。写真23(45号 $\overline{6}$, 45号 $\overline{7}$, 45号 $\overline{8}$) に示しているのは実験直後で, 写真24は写真23の術後62日経過したものである。

5) Cavitec

術後1日: 5号 $\overline{6}$, 61号 $\overline{6}$, 5号 $\overline{7}$, 61号 $\overline{7}$, 5号 $\overline{8}$, 61号 $\overline{8}$ 。

何ら著変はみられない。

術後3日: 16号 $\overline{6}$, 62号 $\overline{6}$, 16号 $\overline{7}$, 62号 $\overline{7}$, 16号 $\overline{8}$, 62号 $\overline{8}$ 。

写真25(16号 $\overline{6}$, 16号 $\overline{7}$, 16号 $\overline{8}$) に示すように著変はみられない。

術後7日: 18号 $\overline{6}$, 63号 $\overline{6}$, 18号 $\overline{7}$, 63号 $\overline{7}$, 18号 $\overline{8}$, 63号 $\overline{8}$ 。

Hydrex の所見と同様に歯髓切断部に発現するレ線不透過性の像は認められない。

術後14日: 64号 $\overline{6}$, 65号 $\overline{7}$, 64号 $\overline{7}$, 65号 $\overline{8}$, 64号 $\overline{8}$ 。

7日目の所見と大差はない(写真26: 65号 $\overline{7}$, 65号 $\overline{8}$)。

術後21日: 33号 $\overline{6}$, 67号 $\overline{6}$, 33号 $\overline{7}$, 67号 $\overline{7}$, 33号 $\overline{8}$, 67号 $\overline{8}$ 。

歯髓腔の透過度は未だ強いが, 歯根膜線および歯槽硬線はやや根尖部方向まで認められる。

術後35日: 40号 $\overline{7}$, 68号 $\overline{7}$, 40号 $\overline{8}$, 68号 $\overline{8}$ 。

Calvital や Calcium hydroxide 単味にみられるような歯髓切断部の凹陷は軽度で, その直下の不透過性の像もみられないが, 髓腔壁の象牙質はやや厚さを増し, 歯髓腔もやや縮小しているが, レ線透過度は未だ強い。

歯根膜線ならび歯槽硬線は根尖部近くまで認められる。写真27(40号⁷, 40号⁸)は実験直後で、写真28は写真27の術後35日経過例である。とくに40号⁷では、一部根管壁の歯髓に不透過性の像が認められる。

術後62日: 49号⁶, 70号⁶, 49号⁷, 70号⁷, 49号⁸, 70号⁸

写真29(49号⁶, 49号⁷, 49号⁸)は実験直後のもので、写真30は写真29の術後62日経過したものである。35日目とはほぼ同様の所見を呈しており、とくに歯髓腔はCalvital, Dycal, Calcium hydroxide 単味でみられたように、順次縮小あるいは狭小とはならず未だ広いが歯根膜線ならびに歯槽硬線は幅を広くして根尖部まで連続してみられ、根尖部の閉鎖が認められる。

II 小括

V.A 手術は根管口部または根管口部よりやや下方で明瞭である。

1 日目では、切断部位には何ら著変はみられない。

3 日目になると、Calvital, Calcium hydroxide 単味では、V.A 手術を行なった切断部にレ線不透過性の弧状をなした細線が、かすかに髓腔壁から歯髓中央部に連続してみられるようになる。

7 日目になると、Dycal の例では、Calvital, Calcium hydroxide 単味の 3 日目とはほぼ同様の所見を呈している。Calvital, Calcium hydroxide 単味では、レ線不透過性の細線はやや幅を増し、帯状をなした明影帯として著明となり、髓腔壁より歯髓中央部に連続してみられるようになる。これは生存歯髓との境界線としてかなり明瞭に区別できるようになる。

14日経過すると、Calvital, Calcium hydroxide 単味、Dycalの例ではほぼ同様な所見を呈し、切断面直下にみられたレ線不透過性の明影帯がやや下方において鮮明度を増してくる。Hydrex の例では、根尖部において球根状の像が認められる。Cavitec は 7 日目の所見と大差はみられない。

21日目では、Hydrex, Cavitec の例では、切断部直下に不透過性の像はみられず、やや透過度の強い所見を呈しているが、Calvital, Calcium hydroxide 単味、Dycal は14日目に比べ不透過性の明影帯は、やや幅を増して一層顕著になってくる。

35日目になると、Calvital, Calcium hydroxide 単味の例では、歯髓切断部は凹陷として透過像がみられるようになり、その直下には幅広く、厚さを増した不透過性の明影帯をみる。Dycal では歯髓切断部にみられる凹陷部の透過像は、CalvitalやCalcium hydroxide 単

味の例に比べ軽度で、その直下ではほぼ同様な所見を呈している。歯根の発育の状態についてみると、Calvital, Calcium hydroxide 単味、Dycal の例では実験直後では髓腔壁の象牙質は薄く、歯髓腔は広くレ線透過度も強く、根尖部は開大し根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通していたが、21日目頃から根尖部の形成が始まり、35日目になるとレ線透過度は減少し、歯根周囲の歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部まで連続してみられ、根尖部の形成が認められる。これは歯根の発育が順調に行なわれていることを物語っている。Cavitec は実験直後に比べ髓腔壁の象牙質はやや厚さを増して歯髓腔のわずかな縮小がみられ、未だレ線透過度は強いが、歯根膜線ならびに歯槽硬線はやや幅を広くして根尖部まで連続し、根尖部は形成されている。Hydrex では実験直後にみられた所見とはほぼ同様で未だ髓腔壁の象牙質は薄く、歯髓腔は広く、根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通し、歯根膜線ならびに歯槽硬線は歯根の発育途中で消失しているものや、また一部では歯髓腔の透過度が強く、根尖部は開大し根尖歯周組織に透過像がみられる例もある。

62日経過すると、Calvital や Calcium hydroxide 単味の例では、切断部の凹陷部はさらに下方に進み透過度を増しその直下の不透過帯も順次幅を広くしている。歯根の発育は35日に比べさらに進み、歯髓腔は狭小となり、根尖部はほぼ完成している。また根尖歯周組織には何ら著変はみられない。Dycal にみられる切断面直下の不透過帯ならびに歯根の状態は、Calvital, Calcium hydroxide 単味の例とはほぼ同様な所見を呈している。Hydrex の例では歯髓切断部直下の不透過像はみられず、35日目の所見とはほぼ同様で髓腔の縮小もなく、根尖部は開大し、歯根膜線ならびに歯槽硬線は不明瞭となっている所見がみられる。Cavitec の例では歯髓腔の縮小は軽度で、レ線透過度も強いが歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部まで連続してみられ、根尖部は形成されている。

III 病理組織学的所見

1) Calvital

術後 1 日: 12号⁶

歯髓切断部直下には薬剤の溶解、出血、組織液の滲出が著明で、広範囲にわたって壊死層の形成がみられる。歯髓表層部には凹凸不正、大小不同の石灰化球がみられ、それは髓腔壁から歯髓中央部に向かって連続し石灰化層として認められる。その直下の歯髓には軽度の炎症性細胞浸潤がみられる。また歯髓表層部に近い髓腔壁の象牙芽細胞は一部消失しているが、根管中間位に向かう

に従い規則正しい排列を示している。根管中間位の歯髄は一般に充血調で、血管に富み、炎症性細胞浸潤はみられず、本来の構造を保っている。根管壁の幼若象牙質は一定の幅を保ち、歯根象牙質の形成部まで連続してみられる。

術後3日：6号⁷，15号⁶

6号⁷では、歯髄切断部直下には、1日目に比べ均質無構造の壊死層の範囲は少なく、歯髄表層部には、髄腔壁から歯髄中央部に向かって大小不同の石灰化球が連鎖状にみられ、壊死層と歯髄組織の境界は明瞭である。また歯髄表層部直下では、とくに歯髄中央部で紡錘形細胞の出現がみられ、髄腔壁の象牙芽細胞へと移行し、新生象牙質形成開始の様相を呈している。象牙芽細胞は、根管中間位から根尖部まで規則正しい排列を示している。根管中間位歯髄は一般に充血調であるが、根尖部付近まで血管に富み、ほぼ正常像を呈している。根尖部においては、歯根膜ならびに歯周組織には何ら著変はみられない（写真31，32）。

15号⁶では、切断面直下に均質無構造の壊死層の形成が認められる。歯髄表層部は大小不同の石灰化球が連鎖状に排列し、無構造な壊死層と明瞭に区別できる。また髄腔壁より歯髄中央部に向かって菲薄な石灰化組織が層板状に発育し、その直下では紡錘形細胞が稠密に集合していて、髄腔壁部の象牙芽細胞層へと移行している。中間位歯髄には血管が多数存在し、血管の拡張、充血がみられる。根尖孔は開大し、歯髄組織は歯周組織と広く交通している。また根尖部に対向する歯槽骨の周囲には、造骨細胞が多数存在し、歯槽骨改造機転の所見を呈している。

術後7日：10号⁷，66号⁶，66号⁷

10号⁷では、歯髄切断部直下には、未だ菲薄な壊死層の形成が広範囲にみられる。歯髄表層部では、髄腔壁から歯髄中央部に連続して新生象牙質の形成がみられるが、歯髄中央部では一部石灰化組織の様相を呈している。象牙質直下では、不連続ではあるが象牙芽細胞が髄腔壁までみられ、規則正しく重層をなした根管壁の象牙芽細胞と連続している。根管壁の幼若象牙質は、一定の幅を保って根尖部までみられ、それに伴って象牙芽細胞は規則正しい排列を示している。根管中間位歯髄ならびに根尖部歯髄はほぼ正常像を呈し、同じ幅を保って歯周組織と交通している。また根尖歯周組織は正常像を呈している。

66号⁶では、歯髄切断面直下には、分断された菲薄な壊死層の形成がみられる。歯髄表層部では、一部不完全

ではあるが髄腔壁から歯髄中央部に連続して新生象牙質の所見を呈している。この新生象牙質は歯髄中央部で厚く形成され、髄腔壁に行くに従って菲薄となっている。その直下では象牙芽細胞が著明にみられる。根管中間位から根尖部において、象牙芽細胞は軽度の空胞変性に陥り一部消失しているが、歯髄には炎症性細胞浸潤はみられない。また根管壁付近ならびに歯髄中央部には血管が多数認められる。

66号⁷では、象牙質よりやや下方で象牙質削片が歯髄内に埋入している。象牙質削片の周囲には、炎症性細胞浸潤はみられない。

術後14日：22号⁷，17号⁶

22号⁷でみられるように、歯髄切断部直下には、均質無構造の菲薄な壊死層の形成がみられる。歯髄表層部では、髄腔壁から歯髄中央部に連続して象牙質ならびに骨様象牙質の形成がみられる。象牙質は7日目に比べ急速に厚さを増し、その構造は原生象牙質の構造と類似性をもっている。また髄腔壁から歯髄中部に連続してみられる象牙質は、手術後の新生根管象牙質と組織癒合が行なわれ、それは手術前の根管象牙質とも癒合しているのが明瞭である。また手術前の根管象牙質と手術後の新生根管象牙質の境界部は、ヘマトキシリン不染層として根尖部まで明瞭である。髄腔壁にみられる象牙質は、一部幼若象牙質が形成され、根管壁の幼若象牙質と連続している。このように14日経過すると、歯髄組織は象牙質によって完全に被覆保護される。根尖部の象牙質は形成が進み、その外側にはわずかに第2セメント質の添加が認められるが、根尖部歯髄と歯周組織は広く交通している。歯髄組織は、根管中間位から根尖部まで正常像を呈している（写真33，34）。

17号⁶においてもほぼ同様の所見を呈している。

術後21日：21号⁶，24号⁷

21号⁶では、歯髄切断部直下には、分断された菲薄な壊死層の形成がみられる。歯髄表層部にみられる象牙質の形成は、14日目の所見に比べ厚さを増しているが、一部では歯髄組織が進入している所も見られる。また術後の根管象牙質も急速に厚さを増している。一般に14日目の所見でもみられたように、原生象牙質、象牙質ならびに術後の根管象牙質は、完全に組織癒合が行なわれている。また象牙質直下の象牙芽細胞は、根管壁の象牙芽細胞と連続し、規則正しい排列を示している。根尖部付近の象牙質は14日目に比較してやや厚みを増し、その外側にはセメント質の添加が認められる。しかし根尖部は未だ未完成の状態である。歯髄ならびに歯周組織に

は何ら著変はみられない。歯槽骨の改造機転は行なわれている。

24号⁷においても、歯髓切断部の壊死層は未だ広範囲に形成されている。象牙質層は、21号⁶とほぼ同様な所見を呈しているが、根尖部においてセメント質の添加が増している。

術後35日：48号⁶

48号⁶では、歯髓切断部には壊死層が一部みられるのみで、ほとんど消失している。象牙質層は、21日目の所見に比べ一部を除いて均一な幅を保って厚さを増している。象牙質層に比べ、術後の根管象牙質の厚さが優り、髓腔壁部において完全に組織癒合が終っている。根管壁の象牙芽細胞には、一部軽度の空胞変性がみられるが、根尖部に向かうに従い規則正しい排列を示している。歯髓組織は全体的に充血調であるが、正常像に近い。歯根の發育は、根尖部の歯根象牙質の形成とともに厚い第2セメント質で閉鎖されている。(写真35, 36)。

23号⁶においても、35日目になると象牙質層ならびに術後の根管象牙質は厚径を増すことにより、歯髓腔を順次縮小しているのが明瞭である。この頃になると根尖部は第2セメント質によって閉鎖されている所見を呈している。

術後62日：53号⁷, 28号⁶

53号⁷では、歯髓切断部直下の壊死層は、わずかにみられる程度でほとんど消失しているが、象牙質層は急速にその幅と厚径を増している。象牙質層直下の幼若象牙質は、ほぼ一定の幅を保ち、根管壁の幼若象牙質と連続している。それに随伴して象牙芽細胞も根尖部まで規則正しい排列を示している。象牙質層と術後の根管象牙質は、ほぼ同じ速度で形成されているが、後者においてやや優っている。歯根の發育は順調に進み、歯根象牙質とセメント質により根尖は完全に閉鎖されている(写真37, 38)。

28号⁶においても、歯髓切断部直下の壊死層はほとんど消失している。象牙質層ならびに術後の根管象牙質は幅を増し、歯髓腔が狭小となっているのが明瞭である。その他は53号⁷とほぼ同様の所見を呈している。

2) Dycal

術後1日：29号⁶, 3号⁶, 3号⁷

29号⁶では、歯髓は根管口部でほぼ平坦な面で切断されている。切断面直下には、分断された薬剤が残存している。その直下には広範囲にわたって出血巣がみられ、軽度の炎症性細胞浸潤をみ、象牙質ならびに根管壁近くの歯髓組織は人工的に剝離されている。また象牙芽細胞

も一部剝離されているが、根管中間位から根尖部においては規則正しい排列を示している。歯髓組織は軽度の出血ならびに充血を呈している。歯根膜ならびに歯周組織には何ら著変はみられない。

3号⁶においては、切断面には薬剤が残存している。その直下では象牙質削片が散在し、その周囲には炎症性細胞浸潤がみられる。象牙芽細胞層には空胞変性が認められるが、歯髓組織は本来の構造を呈している。

3号⁷においても切断面には分断された薬剤が残存している。その直下の歯髓組織には象牙質削片が埋入し、その周囲には限局した軽度の炎症性細胞浸潤がみられる。象牙芽細胞は根管中間位よりやや下方では、人工的に大きく剝離されているが一般に規則正しい排列を示している。歯髓組織には何ら著変はみられない。

術後3日：7号⁷, 34号⁶

7号⁷では、歯髓切断部直下には象牙質削片ならびに薬剤が残存している。歯髓表層部には膿球が堆積し、髓腔壁から歯髓中央部に連続して一層を形成している。その周囲の歯髓組織は、やや下方まで炎症性細胞浸潤ならびに多数の線維芽細胞が出現し、線維性結合組織の形成がみられる。根管壁近くの歯髓組織には、小さな円形の象牙質瘤が認められる。根管中間位から根尖部に向かっては、血管に富み、血管の拡張、充血の所見を呈している。根管壁の象牙芽細胞は、切断部付近の髓腔壁部より中間位に向かって減少しているが、中間位から根尖部に向かうに従い重層をなして規則正しい排列を示している。また根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通している(写真39, 40)。

34号⁶では、歯髓切断部直下には薬剤が残存し、薬剤に接して分断された大小の象牙質削片および石灰化組織の形成が認められる。その周囲には、多数の膿球集積し、歯髓組織には大きな空隙が認められる。根管中間位ならびに根尖部歯髓には、多数の血管がみられ、歯髓は本来の構造を保っている。根尖部歯髓は、歯周組織と大きく交通している。

術後7日：20号⁷, 35号⁷, 77号⁸

20号⁷では、歯髓切断部直下には、薬剤が残存し、歯髓表層部は薬剤に接して線維芽細胞の出現が著明で、線維成分の増殖所見がみられる。髓腔壁では幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は消失しているが、根管中間位から根尖部にかけては正常像を保っている。根管中間位ならびに根尖部歯髓は一般に充血調であるが、血管に富み正常像に近い。根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通している。

35号⁷では、歯髄は根管口部で平面的に切断されている。切断面直下には薬剤が残存し、薬剤に接する歯髄組織には髄腔壁から歯髄中央部に向かって多数の線維芽細胞がみられ、線維性組織の増殖所見がみられる。

77号⁸は、歯髄切断部は石灰化組織ならびに骨様象牙質が連続してみられる。

術後14日：19号⁷、36号⁶

19号⁷では、歯髄切断部直下には多量の薬剤が残存している。薬剤に接した歯髄表層部は、不規則象牙質ならびに石灰化組織がみられ、その直下では線維芽細胞の出現が著明で、その下方では象牙質柵ならびに骨様象牙質柵の形成がみられる。またやや下方の歯髄組織には軽度の炎症性細胞浸潤が認められる。根管中間位ならびに根尖部歯髄は一般に血管に富んでいる。根尖部ではセメント芽細胞を含むセメント質の添加が始まっている（写真41, 42）。

36号⁶では、切断面直下には多数の薬剤が残存している。薬剤に接した歯髄表層部では線維性結合組織に変わり、正常な歯髄細胞は減少し、それはやや下方まで認められる。根管中間位ならびに根尖部歯髄は正常像を呈している。根尖部では19号⁷に比べセメント質の添加はやや増している。

術後21日：30号⁷、37号⁷

30号⁷では、切断部直下には象牙質削片を含む薬剤が残存している。歯髄表層部では、14日目と比べかなり急速に髄腔壁から歯髄中央部に向かって、不規則ではあるがほぼ均一な幅を保って象牙質柵の形成がみられる。歯髄表層部に形成された象牙質柵は、術後の根管象牙質と組織癒合が行なわれている。また原生象牙質と術後根管象牙質は、ヘマトキシリン不染層として根尖部まで明瞭に区別できる。根尖部付近の象牙質の外側には、第2セメント質の添加により歯根の形成が進んでいる。歯槽骨の骨化は未だ未完成の状態にある。

37号⁷では、30号⁷とほぼ同様な所見を呈している。髄腔壁の象牙質の一部は、器械的損傷を被り、破壊されている。象牙芽細胞ならびに歯髄組織には何ら著変はみられず、正常像を呈している。

術後35日：32号⁷

32号⁷では、歯髄切断部直下には薬剤が残存し、菲薄な壊死層の形成が認められる。歯髄表層部は、21日目の所見に比べ不規則ではあるが、象牙質柵ならびに術後の根管象牙質の形成はさらに進んでいる。象牙質柵にみられる幼若象牙質は、根管壁の幼若象牙質と連続し、根尖部まで続いている。それに伴って象牙芽細胞も規則正しい

排列を示している。歯髄組織は一般に充血調である。根尖部は第2セメント質の添加によりほぼ閉鎖されている（写真43, 44）。

術後62日：52号⁸、41号⁶

52号⁸では、薬剤に接した歯髄表層部は、35日目と比べ、かなり厚さを増した象牙質柵の形成により歯髄組織は完全に被覆保護されている。歯髄組織には何ら著変はみられない。象牙質柵の幼若象牙質は、一定の幅を保って根管壁の幼若象牙質と連続し、根尖部まで続いている。またそれに伴って重層をなした象牙芽細胞も規則正しい排列をなしている。象牙質柵ならびに術後の根管象牙質は、完全に組織癒合が行なわれ、それは原生象牙質とも癒合している。また象牙質柵は、原生象牙質の構造と類似性をもっている。根尖部は第2セメント質の添加により歯根はほぼ完成している。根尖歯周組織は正常像を呈している。歯槽骨の骨化はほぼ安定した状態を示している（写真45, 46）。

41号⁶では、52号⁸とほぼ同様な所見を呈している。歯髄表層部は、象牙質柵と不規則な骨様象牙質が根管壁に付着しているのが連続してみられる。骨様象牙質は、骨組織と類似性をもった構造を呈している。骨様象牙質の周囲には象牙芽細胞はみられない。骨様象牙質の内部には、大小不同の間隙がみられ、一部歯髄組織との交通がみられる。

3) Hydrex

術後1日：42号⁶、2号⁶

42号⁶では、歯髄は根管口部で平面的に切断されている。切断部には分断された薬剤が残存している。薬剤直下の歯髄はかなり下方まで出血所見がみられ、歯髄組織は切断部直下の歯髄表層部から根尖部歯髄まで全般的に出血、充血が著明である。根管壁の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は、本来の構造を保っている。根尖部歯髄の一部には、軽度の炎症性細胞浸潤が認められる。根尖部歯髄と歯周組織は大きく交通し、未完成の状態にある。根尖部歯周組織の一部には、炎症性細胞浸潤が認められる。

2号⁶では、歯髄切断部には、分断された薬剤がところどころにみられる。薬剤に接する直下の歯髄表層部には、出血巣が認められる。髄腔壁の一部では人工的に剝離され、空虚となっている。根管中間位の歯髄は軽度の炎症性細胞浸潤が認められる。歯髄表層部近くの髄腔壁の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は消失しているが、根管中間位から根尖部にかけては幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は正常像を呈している。

術後3日：8号⁷, 43号⁶

8号⁷では、歯髓切断部直下には、分断された薬剤がみられる。薬剤に接した歯髓表層部から根管中間位の歯髓中央にかけて広範囲に膿球が集積し、化膿巣を形成しているが、その外側には線維芽細胞の出現が著明である。歯髓表層部近くの髓腔壁には、一部石灰化組織がみられる。象牙芽細胞は髓腔壁で一部消失しているが、中間位から根尖付近に向かっては、ほぼ正常な排列を示している。根尖部歯髓は一般に充血調で、歯周組織と大きく交通し、未完成の状態である(写真47, 48)。

43号⁶では、歯髓切断部には、象牙質削片ならびに小さく分断された薬剤が存在している。薬剤に接した歯髓表層部は、髓腔壁から歯髓中央部に向かって広範囲に膿球が堆積し、一層を形成している。その直下では象牙質削片がところどころにみられ、線維芽細胞の出現が著明である。また根管中間位から根尖部近くの歯髓中央部には、大きな膿瘍が形成され、その外側には膿瘍膜を形成している。根尖部付近の歯髓組織は一般に充血調であるが、血管に富み本来の構造を保っている。根尖部歯髓と歯周組織は広く交通している。象牙芽細胞層は一般に正常像を呈している。

術後7日：44号⁷, 11号⁷

44号⁷では、切断面直下には薬剤が残存している。薬剤に接した歯髓表層部からやや下方に向かっては、炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞を含む肉芽組織の形成が認められる。根管中間位の歯髓中央部には、限局した化膿巣が形成され、それをとり囲んで線維芽細胞の出現が著明である。またその周囲の歯髓組織は、根尖部まで充血調であるが、血管に富み正常像を保っている。根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通している。

11号⁷では、44号⁷と同様に根管中間位の歯髓中央部には、膿球が堆積し、それをとり囲むように多数の線維芽細胞が認められる。

術後14日：13号⁷, 46号⁷

13号⁷では、薬剤に接した歯髓表層部は、多数の膿球が堆積し、やや下方の歯髓組織までみられ、一部歯髓組織は破壊されている。その周囲には炎症性細胞浸潤を伴う多数の線維芽細胞の出現が著明である。根管中間位歯髓ならびに根尖部歯髓は正常像を呈し、歯周組織と広く交通している。根尖部付近の菲薄な歯根象牙質は軽度の彎曲を呈し、球根状をなしている。その外側には、わずかにセメント芽細胞を含む第2セメント質の添加が認められる(写真49, 50)。

46号⁷では、歯髓切断部には象牙質削片を含む薬剤が

みられる。その直下の歯髓組織には、広範囲にわたって膿瘍の形成が認められる。根尖歯髓組織から歯周組織にも膿瘍の形成が認められ、その周囲には強い反応性炎症像を呈している。根尖部の菲薄な象牙質ならびにわずかに添加された第2セメント質は、外側に開き、形成は途中で中断されている。

術後21日：69号⁶

69号⁶では、歯髓切断部直下では分断された薬剤が残存し、髓腔壁の一部では不規則象牙質が形成され、歯髓中央部では大きく組織欠損が認められる。薬剤に接した歯髓表層部は、多数の膿球が堆積して一層を形成している。その周囲には炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞の出現が著明である。その下方の歯髓組織から根尖部歯髓には、薬剤の沈着が散見される。象牙芽細胞は、歯髓切断部近くの髓腔壁側では消失し、根管中間位ならびに根尖部に向かって軽度の空胞変性がみられる。歯根象牙質は、根尖部付近では一部極端に菲薄になり、そこには幼若象牙質ならびに象牙芽細胞の消失をみるが、球根状にやや幅を増した第2セメント質の添加が認められる。根尖歯周組織には、一部薬剤の沈着が認められるが、その周囲は正常像を呈している。

術後35日：39号⁸, 50号⁶

39号⁸では、歯髓切断部直下には、薬剤の残存はみられず大きく空虚となっている。歯髓表層部では、膿球が堆積し髓腔壁から歯髓中央部に連続して一層を形成している。その直下では、歯髓は炎症性細胞浸潤を伴う線維性結合織よりなっている。その直下には骨様象牙質が形成され、その周囲には炎症性細胞浸潤が認められる。根管壁側の歯髓には膿瘍の形成がみられ、歯髓組織は根尖部近くまで化膿崩壊し、空虚となってみられる。また根尖部歯髓には歯根膜線維の進入があり、一部薬剤の沈着が散見され、その周囲には炎症性細胞浸潤が認められる。根管壁の象牙芽細胞は完全に消失している。歯根の発育についてみると、術後の根管象牙質は形成が悪く遅延している。根尖部においては、菲薄に形成された象牙質の外側および内側に第2セメント質の添加が認められるが、根尖部は未だ開大している(写真51, 52)。

50号⁶では、歯髓切断部直下は薬剤が残存している。薬剤に接した歯髓組織は、膿瘍の形成により大きく崩壊されて空虚となっている。その直下の歯髓組織は、線維性結合織よりなっている。髓腔壁では、一部遊離性象牙質瘤が認められる。根管歯髓には薬剤の沈着が散見されるが、根管中間位歯髓から根尖部歯髓まで本来の構造を呈している。35日経過例においても術後の根管象牙質の

形成は、39号8]とほぼ同様に遅延している。根管壁の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は、一部を除いてほぼ正常像を呈している。根尖部は第2セメント質によりほぼ閉鎖されている。

術後62日：47号8], 51号6]

47号8]でみられるように、歯髄表層部は好中球の浸潤が強く、下方に至るまで膿球の集積層が認められる。根管壁の歯髄は、一部線維化傾向の強い肉芽組織になっている。また根管中間位から根尖部には、薬剤の沈着がみられ、歯髄組織はほとんど消失し、線維化傾向の強い所見を呈している。髄腔壁には根管象牙質に連続して、不規則象牙質あるいは類骨組織の形成がみられる。根管中間位から根尖部においては象牙芽細胞は消失し、術後の根管象牙質はほとんど形成されておらず、根尖部象牙質は菲薄で、その外側と内側には第2セメント質の添加が認められる。根尖部は未だ閉鎖されておらず、根尖部歯髄と歯周組織は交通している（写真53, 54）。

51号6]では、切断部直下の歯髄組織は、根尖部付近まで大きく破壊され空虚となっている。根尖部歯髄と歯周組織は大きく交通し、そこには薬剤の沈着が散見される。歯根象牙質の形成は根尖部までまったくみられず、セメント質の形成もなく、歯根の発育は途中で中断されている。根管象牙質の内側には、破歯細胞がところどころに認められ、吸収窩が形成されている。また根尖に対向する歯槽骨にも破骨細胞が多数出現し、歯槽骨吸収機転が進行している。

4) Calcium hydroxide 単味

術後1日：54号6], 4号7]

54号6]では、歯髄切断部直下では髄腔壁から歯髄中央部に向かって広範囲に壊死層の形成がみられる。歯髄表層部では凹凸不正、大小不同の石灰化球が髄腔壁から歯髄中央部に連続してみられ、その直下の歯髄は、軽度の出血ならびに炎症性細胞浸潤が認められる。根管中間位歯髄から根尖部歯髄は正常像を呈している。歯髄表層部近くの髄腔壁では、象牙芽細胞が一部消失しているが、根間中間位から根尖部に向かうに従って規則正しい排列を示している。根管中間位から根尖部歯髄はほぼ幅を同じくして、根尖歯周組織と大きく交通しているのが明瞭である。その他は何ら著変はみられない。

4号7]では、歯髄切断部はかなり分断された壊死層が認められる。そこには出血、薬剤の溶解、組織液の滲出が著明である。その直下の歯髄は炎症性細胞浸潤が著明であり、根管壁側の象牙質の一部は器械的損傷を被り、その付近の歯髄組織には、埋入した象牙質削片が散在

し、その周囲には限局した炎症性細胞浸潤が認められる。根管中間位から根尖部歯髄にかけては炎症性細胞浸潤は認められず本来の構造を保っている。歯髄は一般に充血調である。象牙芽細胞は一部器械的損傷により破壊されているが、根管中間位から根尖部にかけて規則正しい排列を示している。歯根は未完成であるため根管中間位から根尖部歯髄はほぼ幅を一定に保ち、根尖歯周組織と大きく交通している。根尖下部の歯槽骨は骨化が未完成の状態にある。

術後3日：9号7], 55号6]

9号7]では、切断面直下は菲薄な壊死層の形成が認められる。歯髄表層部は髄腔壁から歯髄側%の部位まで石灰化球が連続してみられる。1日目に比べ切断部直下の歯髄表層部は、わずかに紡錘形細胞の出現があり、一部では新生象牙質形成開始の様相を呈している。象牙芽細胞は歯髄表層部近くの髄腔壁で一部消失しているが、根管中間位から根尖部に向かって正常な排列を示している。また根管中間位から根尖部にかけて、象牙質が一部人工的に剝離されている所がみられる。歯髄組織は全体的に充血調であるが血管に富んでいる。その他は1日目の所見とほぼ同様である（写真55, 56）。

65号6]では、切断面直下は1日目に比べ壊死層の範囲は少ないが、薬剤の溶解、組織液の滲出は著明である。歯髄表層部では一部を除いて多数の石灰化球が髄腔壁から歯髄中央部に連続してみられ、壊死層と歯髄組織の境界は明瞭である。また歯髄表層部には、多数の紡錘形細胞が著明に現われ、新生象牙質形成開始の所見を呈している。象牙芽細胞層には一部空胞変性がみられるが、歯根象牙質の形成部まで規則正しい排列を示している。歯髄組織は充血調を呈しているが、血管に富んでいる。根尖部歯髄は歯周組織と大きく交通している。

術後7日：14号7], 56号6]

14号7]では、歯髄切断部直下には分断された菲薄な壊死層の形成がみられる。歯髄表層部は3日目の所見に比べ石灰化が進み、髄腔壁から歯髄中央部に連続して新生象牙質形成がみられる。また歯髄表層部近くの髄腔壁の象牙質は、一部器械的損傷により破壊されている。歯髄組織は歯髄表層部よりやや下方で限局した炎症性細胞浸潤がみられるが、根管中間位歯髄ならびに根尖部歯髄は正常像を呈している。また根管中間位から根尖部歯髄組織は血管に富んでいる。歯髄表層部近くの髄腔壁では、象牙芽細胞は一部消失しているが、根管中間位から根尖部に行くに従って正常な排列を示している。根管中間位歯髄と根尖部歯髄はほぼ同じ幅を保って歯周組織と

大きく交通している。

56号6|では、歯髓表層部は一部を除いて髓腔壁から歯髓中央部に連続して一定の幅を保って新生象牙質柵の形成が著明にみられる。根管中間位から根尖部歯髓には2, 3の神経束がみられる。その他は14号7|とほぼ同様な所見を呈している。

術後14日：26号7|, 57号6|

26号7|では、切断部直下の壊死組織は小範囲であるが未だ残存している。歯髓表層部は7日目の所見に比べてかなり急速に幅を増した象牙質柵が形成されている。14日目になると髓腔壁側では、新生象牙質柵と術後の根管象牙質が癒合しているのが明瞭に認められる。また形成された象牙質柵は、髓腔壁近くでは幼若象牙質ならびに象牙芽細胞を伴っており、新生象牙質柵の構造は原生象牙質と類似性を有している。根管中間位ならびに根尖部歯髓には多数の血管ならびに神経束がみられる。根尖部は未だ未完成の状態にあり、根尖部歯髓と歯周組織は交通している。根尖部象牙質の外側には有細胞セメント質の添加が始まっている(写真57, 58)。

57号6|では、歯髓表層部の髓腔壁近くで象牙質柵は厚さを増し、その直下では幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は明瞭で、術後根管象牙質の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞と一定の幅を保って連続している。また歯髓表層部よりやや下方では、歯髓内に象牙質削片の埋入がみられ、それは骨様象牙質の所見を呈している。歯髓は一般に充血調であるが、正常像に近い所見を呈している。

術後21日：58号6|, 27号7|

58号6|では、切断面直下は均質無構造な壊死組織の形成がみられる。歯髓表層部には、髓腔壁から歯髓中央部に連続して象牙質柵の形成がみられる。歯根の発育は象牙質の形成に伴って根尖部では、第2セメント質の添加が進んでいる。歯髓組織は血管ならびに神経束が多数みられる。歯根膜ならびに歯周組織は正常である。

27号7|では、歯髓表層部にみられる象牙質柵は14日目の所見に比べ安定した状態を示している。歯髓組織は一般に充血調であるが、正常像に近い所見を呈している。

術後35日：31号7|, 59号6|

31号7|では、歯髓切断部直下は未だ壊死層の形成が著明にみられる。歯髓表層部には、象牙質柵ならびに象牙質削片を核とした不規則な骨様象牙質が連続してみられる。骨様象牙質は骨組織と類似性をもった構造を呈し、その周囲には象牙芽細胞はみられない。35日目になると特に術後の根管象牙質が幅を著明に増してくる。歯髓組織は根管中間位から根尖部にかけて血管に富み、全体的

に充血調であるが本来の構造を保っている。根尖部は第2セメント質により閉鎖されている(写真59, 60)。

59号6|では、歯髓表層部は21日目に比べ幅を増した象牙質柵によって歯髓組織を被覆保護している。象牙質柵直下にみられる象牙芽細胞は根管の象牙芽細胞と連続している。その他は31号7|とほぼ同様な所見を呈している。

術後62日：45号8|

45号8|では、35日目に比べ歯髓表層部の象牙質柵ならびに術後の根管象牙質は、急速にかなり厚く、幅広く形成されている。また象牙質柵と術後の根管象牙質はほぼ同じ速さで形成されている。象牙質柵直下の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は、一部を除いて根管の幼若象牙質および象牙芽細胞と連続している。歯根は完成され、安定した状態を示し、それに伴って歯槽骨の骨化も安定している。歯髓組織ならびに歯周組織には何ら著変はみられない(写真61, 62)。

5) Cavitec

術後1日：61号6|

61号6|では、歯髓切断部直下には薬剤の溶解、組織液の滲出による壊死層の形成がみられる。歯髓表層部から根管中間位の歯髓組織には、著明な反応性炎症像を呈しており、全体的に充血、出血が著明である。象牙芽細胞は歯髓表層部近くの髓腔壁では一部消失しているが、根管中間位から根尖部に行くに従い規則正しい排列を示している。

術後3日：16号7|, 62号6|

16号7|では、歯髓切断部直下には菲薄な壊死層の形成がみられ、その直下には髓腔壁から歯髓中央部に連続して、分断された不規則象牙質の形成がみられる。歯髓表層部では膿球の堆積層が認められ、その直下の歯髓は広範囲にわたって破壊され、根管中間位まで化膿性炎症像を呈している。根管中間位から根尖部歯髓は一般に充血調であるが、正常像に近い所見を呈している。根尖部歯髓と歯周組織は大きく交通している(写真63, 64)。

62号6|は、16号7|とほぼ同様な所見を呈している。

術後7日：63号6|, 18号6|

63号6|では、歯髓切断部直下には菲薄な壊死層の形成がわずかにみられる。歯髓表層部には膿球が集積し、一層を形成している。その直下の歯髓組織には、象牙質削片の埋入によるものと思われる不規則象牙質塊が散在している。根管中間位歯髓には限局した膿瘍が形成され、その周囲には多数の線維芽細胞が出現し膿瘍膜を形成している。根尖部歯髓ならびに歯周組織は正常像を呈し、

広く交通している。象牙芽細胞は髓腔壁部で一部消失しているが、根管中間位から根尖象牙質の形成した所まで規則正しい排列を呈している。

18号⁶では、歯髓表層部は、髓腔壁から歯髓中央部に向かって線維芽細胞の出現が著明である。また多数の象牙質削片が根管中間位歯髓まで埋入し、その周囲は軽度の炎症性細胞浸潤ならびに線維性組織の多い所見を呈している。

術後14日：65号⁷

65号⁷では、切断部直下の歯髓表層部には膿球層が認められ、根管壁側の歯髓組織は大きく空虚となっている。その直下の歯髓は局限した炎症性細胞浸潤が著明である。また根管中間位から根尖部歯髓は一般に充血調である。象牙芽細胞は髓腔壁部で一部消失しているが、根管中間位から根尖部まで空腔変性がみられる。骨様象牙質の内部には多数の大小不同の間隙があり、歯髓組織と交通している（65, 66）。

術後21日：67号⁶

67号⁶では、歯髓切断部直下では、菲薄な分断された壊死層の形成が認められる。歯髓表層部には膿球が堆積し、髓腔壁から歯髓中央部に連続して一層を形成している。その直下の歯髓は全体的に線維芽細胞の多い肉芽組織に変わっている。歯髓内には、象牙質削片を核としたと思われる骨様象牙質の所見がみられる。骨様象牙質の周囲には炎症性細胞浸潤は認められない。根管中間位から根尖部歯髓は一般に充血調であるが、血管に富み正常像を呈している。幼若象牙質は髓腔壁で一部消失しているが、根管中間位から根尖部にかけて一定の幅を保っている。それに伴って象牙芽細胞は規則正しく排列している。

術後35日：40号⁷, 68号⁷

40号⁷では、歯髓切断部直下には広範囲に分断された壊死層の形成がみられ、そこには薬剤の残存が認められる。歯髓表層部は髓腔壁で、一部菲薄な不規則象牙質の形成がみられるが、中央部の薬剤に接した歯髓組織は、やや下方まで軽度の硝子様変性がみられ、2, 3骨様象牙質が認められる。根管中間位ならびに根尖部歯髓は、血管に富み正常像を呈している。術後の根管象牙質には象牙芽細胞の萎縮が認められる。歯根は歯根象牙質の形成とともにセメント質が形成され、根尖部も厚い第2セメント質で閉鎖されている。歯根膜ならびに歯周組織は正常である（写真67, 68, 69）。

68号⁷では、歯髓切断部直下は化膿性崩壊に陥り空虚となっている。歯髓表層部は膿球層を形成している。そ

の直下の歯髓組織は正常像に近い所見を呈している。根管中間位壁側の歯髓組織には一部骨様象牙質の形成がみられる。

術後62日：49号⁶, 70号⁶

49号⁶では、歯髓切断部直下は、分断された薬剤が残存している。髓腔壁の一部には、わずかに石灰化層がみられ、そこには象牙芽細胞が散見される。その直下の歯髓は軽度の硝子様変性の所見を呈している。髓腔壁近くの歯髓には遊離性の象牙質瘤がみられる。根管中間位ならびに根尖部歯髓は、一般に充血調であるが正常像を呈している。また根尖部歯髓は一部人工的に剝離されている所がみられる。62日経過すると術後の根管象牙質はかなり厚く形成されている。幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は一部髓腔壁で消失しているが、根管中間位から根尖部にかけて何ら著変はみられない。歯根は象牙質の形成に伴って第2セメント質で閉鎖されている。歯槽骨の骨化は安定した状態を示している（写真70, 71, 72）。

70号⁶では、歯髓切断部直下の歯髓表層部は、膿球層としてみられる。歯髓組織は、歯髓表層部直下から根尖部まで肉芽組織に転化し、本来の構造はみられない。根管壁側の象牙芽細胞は全く消失している。根尖部は第2セメント質により閉鎖され、歯槽骨の骨化も安定した状態を示している。

IV 小括

術後1日目では、CalvitalやCalcium hydroxide単味の例では、歯髓切断部は薬剤の溶解、出血、組織液の滲出が著明で、広範囲な壊死層の形成がみられる。また歯髓表層部では凹凸不正、大小不同の石灰化球が散在し、生活歯髓との境界を明瞭にしている。Dycalは歯髓切断部においては、CalvitalやCalcium hydroxide単味にみられたような壊死層の形成はほとんどみられず、薬剤の残存がみられるようである。歯髓表層部は一般に象牙質削片が散在し、周囲は局限した軽度の炎症性細胞浸潤が認められる。Hydrexは、一般に歯髓切断部では分断された薬剤が残存し、歯髓表層部のやや下方の歯髓組織まで炎症が波及し、化膿崩壊像を呈し空虚となってみられる。Cavitecでは、歯髓切断部は象牙質削片を含む壊死層の形成が認められる。歯髓表層部からやや下方の歯髓組織には、反応性炎症像が認められるが、線維芽細胞の出現がみられるようである。

3日目になると、CalvitalやCalcium hydroxide単味の例では歯髓表層部においては、紡錘形細胞の出現があり、石灰化組織がみられ、新生象牙質形成開始の様相を呈してくるようになり、ほぼ同様の所見を呈してい

る。Dycal においては、歯髓表層部直下の歯髓組織には、軽度の炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞の出現が著明である。Hydrex では、歯髓表層部から根管中間位歯髓組織まで広範囲にわたって膿瘍の形成がみられ、その周囲には炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞の出現が著明である。Cavitec では、歯髓表層部ならびにそのやや下方の歯髓組織には、膿瘍形成の所見もみられるが、わずかに限局して炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞の出現が著明である。

7日目になると、Calvital や Calcium hydroxide 単味の例では、3日目に比べ石灰化はさらに進み、歯髓切断部直下の歯髓表層部では、一般に新生象牙質の形成がみられるようになる。またその辺縁には象牙芽細胞の排列がみられる。Dycal では、切断部には薬剤が残存し、薬剤に接した歯髓表層部では、3日目に比べ線維組織の出現の強い所見を呈しているものや、石灰化組織ならびに骨様象牙質の形成が認められるものもある。Hydrex では、一般に切断部直下の歯髓組織は根管中間位歯髓まで膿瘍が認められ、その周囲には膿瘍膜の形成がみられ、線維芽細胞の出現が著明である。Cavitec の例では、3日目と同様に限局した膿瘍の形成がみられるが、線維芽細胞の出現が著明で、線維組織の強い増殖所見を呈している例もある。

14日目においては、Calvital や Calcium hydroxide 単味の例では、7日目に比べ新生象牙質の形成はさらに幅を広くし、その構造は原生象牙質の構造と類似性をもっている。また象牙質は、術後に形成された根管象牙質と組織癒合が行なわれている。Dycalでは、7日目にみられたように薬剤に接したその直下の歯髓組織には、線維芽細胞の強い増殖所見と、象牙質ならびに骨様象牙質の形成がみられる場合とが認められた。Hydrex では、歯髓組織は一般に7日目とほぼ同様の所見を呈しているが、根尖付近の菲薄な象牙質は、外開きの軽度の彎曲を呈し、球根状をなしている。Cavitec の例では、7日目の所見と大差はない。

21日経過すると、Calvital, Calcium hydroxide 単味の例では、象牙質の形成は一部を除いて14日目に比べ、ほぼ安定した状態を示している。また術後の根管象牙質は急速に厚さを増している。歯根部においては、21日目になると一般に根尖部は未完成の状態であるが、第2セメント質の添加により根尖孔の閉鎖が進んでいる。Dycal では、14日目に比べ急速に象牙質の幅を増し、健康な歯髓組織を被覆保護し、Calvital や Calcium hydroxide 単味の例とほぼ同様の所見を呈してくる。

Hydrex では、21日経過しても切断面直下の歯髓組織は広範囲にわたり未だ反応性炎症像を呈し、薬剤によると思われる沈着物が歯髓組織中に散見される。歯根は14日目にみられたような球根状をなした象牙質はさらに幅を増し、その外側の細胞性セメント質の添加は進んでいる。根尖歯周組織は正常像に近い所見を呈している。

Cavitec では、切断部直下の歯髓組織は一般に多数の線維芽細胞と血管に富む肉芽組織に変わっている。

35日経過すると、一般に Calvital, Calcium hydroxide 単味や Dycal の例では、象牙質ならびに術後の根管象牙質の形成は進み、歯髓腔は順次縮小されてくるのが著明である。また象牙質に比べ、術後の根し象牙質はその幅や厚さを優先してくる。根尖部は閉鎖しているが、象牙質とセメント質により形成は進んでいる。Hydrex では、35日経過しても未だ反応性炎症は強く、歯髓組織には薬剤の沈着が認められ、膿瘍の形成により大きく破壊され空虚となっている。術後の根管象牙質の形成は悪く、歯髓腔の縮小はほとんどみられない。根尖部においては、象牙質の形成は遅延しているが、第2セメント質により閉鎖をみるものや、未だ根尖部歯髓組織と歯周組織の交通をみるものがある。

62日目を経過すると Calvital, Calcium hydroxide 単味ならびに Dycal の所見では、根管象牙質は35日目に比べてさらに急速にその厚さを増し、それに伴って幼若象牙質は一定の幅を保って根尖部まで連続してみられる。また象牙芽細胞は規制正しい排列を示している。根尖部は第2セメント質により閉鎖され、歯槽骨の骨化は安定した状態を示している。Hydrex の所見では、62日経過してもまだ反応性炎症像が続き、大きく崩壊している所もあり、歯髓は本来の構造を失っている。歯根の發育は根尖部付近においては象牙質ならびに第2セメント質による閉鎖はみられず、途中で中断されている。また根管象牙質の内側には、破歯細胞による吸収窩が認められる例もある。歯槽骨の骨化は遅延している。根尖部歯髓ならび歯周組織は交通し、未だ構造は未完成の状態にある。Cavitecの例では、一般に歯髓切断部は象牙質の形成により健康歯髓を被覆保護している所見と、本来の歯髓組織はみられず線維化傾向の強い肉芽組織の所見との2通りがみられるようである。

考察ならびに総括

根未完成歯の歯髓処置に関して、著者の実験をもとに内外の文献を対比して考察すれば次の通りである。術後1日目では、レ線所見では Calvital, Calcium hydr-

oxied単味, Dycal, Hydrex, Cavitec の全例において、歯髄切断部は根管口部で平面的に切断されている他は何ら著変はみられなかった。この時期では一般に髄腔壁の象牙質は菲薄で、髄腔は広く、レ線透過度は強い。また根管中間位歯髄と根尖部歯髄はほぼ幅を同じくして根尖歯周組織と交通しているのが明瞭である。これを病理所見でみると、CalvitalやCalcium hydroxide単味の例では、切断部には薬剤の溶解、出血ならびに組織液の滲出が著明で、均質無構造の壊死層の形成が広範囲にみられる。また歯髄表層部では凹凸不正、大小不同の石灰化球が散在し、生存歯髄と境界を明瞭にしている。歯髄に与えた外傷性病変について野口(1951)⁸⁾は、人の歯牙を用いて、切断後の外傷性病変は約1週間で修復されると報告し、吉田(1959)¹³⁾は幼若犬の歯牙を用い、水酸化カルシウム糊剤によるV.Aを行ない、3日目になるとV.A後の外傷組織は修復期にはいることを認め、木村(1973)²⁹⁾は壊死層下方の歯髄組織に与えた外傷はほとんど修復され、炎症性細胞浸潤は1日目でみられないと報告している。著者の実験においてもCalvitalやCalcium hydroxide単味の例では木村(1973)²⁹⁾の報告とほぼ一致する。Dycalにおいては、切断部は薬剤の残存がみられ、ほとんど壊死組織はみられず、薬剤に接して象牙質削片が散在して認められ、その周囲には限局した炎症性細胞浸潤がみられる。またHydrexの例では根管中間位歯髄にまで炎症が波及し、化膿崩壊像を呈している。Cavitecは反応性炎症像は認められるが将来治癒すると思われる線維芽細胞の出現が著明である。また五十嵐(1969)²⁵⁾の報告によると成犬の歯牙を用いて歯髄に与えた外傷は3日目から5日目には修復されると報告している。3日目になると全例において歯髄腔のレ線透過度は何ら著変はみられないが、Calvital、Calcium hydroxide単味では歯髄切断部には1日目にみられなかったレ線不透過性の弧状の細線が、髄腔壁から歯髄中央部に連続してかすかに出現してくる。このレ線不透過性の細線について先人の報告をみると、木下(1966)¹⁹⁾は人の歯牙でV.A後7日目頃から白線として認めており、木村(1973)²⁹⁾は術後3日目からみ、Pajarola(1940)³⁴⁾は人の歯牙で3カ月経過例において認めている。また近藤(1943)⁴⁾は幼若犬の歯牙で術後12日目に硬組織を示唆するレ線像を認めている。病理組織所見でみる限り、Calvital、Calcium hydroxide単味の例では、すでに壊死組織と生存歯髄との境界部に紡錘形の細胞が出現し、石灰化組織、新生象牙質形成初期の段階が認められる。本実験で3日目にみられる石灰

化時期について、五十嵐(1969)²⁵⁾は動物(成犬)の歯牙を用いV.A後14日目に始まると報告し、木下(1966)¹⁹⁾は人の歯牙を用いて10日目より石灰性分界層に象牙質基質線維の新生を認め、木村(1973)²⁹⁾は3日目には多数の紡錘形細胞の出現に膠原線維の増加をみている。Dycal, Hydrex, Cavitecの例では未だ炎症性細胞浸潤が認められるが、Dycalの例では炎症性細胞浸潤は軽度で線維芽細胞の出現が著明である。Hydrexの例では、反応性炎症像は強く、根管中間位の歯髄組織まで膿瘍の形成がみられ、大きく化膿性崩壊を呈している。またCavitecでは、歯髄切断部からやや下方の歯髄組織において化膿性崩壊像がみられ、それは根管中間位歯髄にまでは波及していない。ここでCalvitalやCalcium hydroxide単味の例でみられる象牙質形成に関与すると思われる象牙芽細胞についてみると、野口(1951)⁸⁾は人の歯牙で新生象牙芽細胞は術後1週間から2週間目に観察されると報告し、吉田(1959)¹³⁾は幼若犬の歯牙を用いて水酸化カルシウム糊剤でV.A後、7日目で象牙芽細胞様細胞の排列をみ、木村(1973)²⁹⁾は不整な象牙芽細胞の出現をみている。7日目に至ると、レ線所見ではDycalの例では、Calvital、Calcium hydroxide単味の3日目とはほぼ同様に不透過性の細線が出現するようになり、CalvitalやCalcium hydroxide単味の例では、細線からやや幅を増した明影帯として著明になってくる。Hydrex、Cavitecの例では未だ切断部に不透過性の像は認められない。歯髄腔の透過度に関しては全例において大差は認められない。レ線所見でみられる不透過性の像は病理組織所見でみると、CalvitalやCalcium hydroxide単味の例では、3日目に比べさらに石灰化は進み新生象牙質柵の形成がみられるようになる。Dycalの例では薬剤に接して線維芽細胞の出現があり、次いで石灰化組織、骨様象牙質の形成が認められた。HydrexならびにCavitecの例では切断部直下の薬剤はわずかにみられる程度で、それに接した歯髄組織は根管中間位の歯髄組織まで反応性炎症像は強く、膿瘍の形成により歯髄組織は大きく化膿性崩壊に陥っているが、根管中間位より下方の歯髄は未だ本来の構造を保ち、歯周組織には何ら著変はみられない。このような例では、レ線所見では切断部直下の不透過性の像は出現せず歯髄腔の状態も判断することが困難であることが推察される。ここでCalvital、Calcium hydroxide単味でみられるような新生象牙質柵について先人の報告をみると、野口(1951)⁸⁾、西条(1958)¹⁰⁾らは人の歯牙を用いて術後3週間以後にDentine Bridgeの形成をみ、木下

(1966)¹⁹⁾は20日前後で底蓋象牙質の新生を確認している。また Sciaky (1960)³⁹⁾は動物(成犬)で、3週間経過後 Dentine Bridge を認め、丸島 (1958)¹¹⁾は12日経過後新硬組織の形成をみ、安田 (1964)¹⁸⁾は人の歯牙で3カ月経過例で認め、木村 (1973)²⁹⁾は7日目頃から認められると報告している。著者の実験では7日目頃より認めているが、髓腔壁から歯髓中央部に連続して一定の幅を保って認められたものか、髓腔壁側あるいは歯髓中央部で形成されたものか、未だ石灰化組織を含んでいるが一部硬組織の形成をみたものであるかによって、先人の報告をみてもわかるように、それぞれの見解の相違があることが推察される。14日経過すると Calvital, Calcium hydroxide 単味, Dycal はレ線所見では、切断部にみられる不透過性の明影帯は鮮明度を増してくるが、Hydrex, Cavitec の例では未だ不透過性の像は認められない。一方病理組織所見では Calvital は新生象牙質柵と象牙質削方を核として出来たと思われる骨様象牙質が連続し、7日目に比べさらに幅を広くして健康な歯髓組織を被覆保護している。Calcium hydroxide 単味では、髓腔壁の一部を除いて象牙質柵の形成は Calvital の場合とほぼ同様な所見を呈している。歯髓組織ならびに根尖歯周組織は正常像を呈している。根尖部においては歯根象牙質の外側に有細胞セメント質の添加が始まっている。象牙質柵の構造は不規則な組織像を呈して、原生象牙質の構造と類似性をもっている。また新生象牙質柵は髓腔壁で術後の根管象牙質と組織癒合が行なわれている。五十嵐 (1969)²⁵⁾は動物(成犬)の歯牙で V.A 後形成された Dentine Bridge は3週間で髓腔壁の象牙質と完全に組織癒合が終っていると報告し、木村 (1973)²⁹⁾は14日目で幼若犬の歯牙でこれを認めている。著者の実験では先にも述べたように、ほぼ14日経過すると Calvital, Calcium hydroxide 単味の例では木村 (1973)²⁹⁾の報告とほぼ一致する。また五十嵐 (1969)²⁵⁾、山崎 (1951)⁹⁾、木村 (1973)²⁹⁾らは Dentine Bridge の形成について、第2象牙質と骨様組織の2つの形成がみられると報告している。木村 (1973)²⁹⁾は術後21日経過例において象牙質柵と不規則な骨様硬組織塊が根管壁に付着し連続してみられると報告しているが、著者の実験では Calvital 14日経過例において象牙質柵と骨様象牙質が組織癒合を行なって連続してみられた。Dycal では分断された薬剤に接して骨様象牙質の所見がみられるものや、線維成分の多い軽度の炎症性細胞浸潤を伴った肉芽組織に変わっている所見がみられるが、根管中間位歯髓ならびに根尖部歯髓は正常像を呈している。根尖部

においては、Calvital や Calcium hydroxide 単味とほぼ同様の所見を呈している。Hydrex の例では、レ線所見では切断部には何ら著変はみられないが、根尖部において歯根膜線および歯槽硬線が彎曲を呈し、球根状を呈した像が認められる。Hydrex は薬剤に接した直下の歯髓組織からやや下方に至るまで未だ膿瘍の形成がみられ、歯髓組織は大きく崩壊され、その周囲では炎症性細胞浸潤を伴う線維芽細胞の出現が著明であるが、根尖部歯髓ならびに歯根象牙質の外側にセメント細胞を含む第2セメント質の添加が始まっている。Cavitec の例では、レ線所見は何ら著変はみられない。病理所見では、髓腔壁の一部で膿瘍の形成がみられ、大きく化膿崩壊し空虚となった部分が認められる。その直下の歯髓組織は局限した炎症性細胞浸潤ならびに線維芽細胞が著明であるが、根管中間位歯髓ならびに根尖歯髓組織には何ら著変はみられない。このように14日経過しても Hydrex や Cavitec の例では、歯髓切断部直下の薬剤に接した歯髓組織に未だ強い反応性炎症が続いている。術後の根管象牙質の形成は Calvital, Calcium hydroxide 単味, Dycal の例に比べ Hydrex や Cavitec の例では遅れているように思われる。このことは個体の成長発育の差も考えられるがすべての条件下で、同一の術者が行なっていることから V.A 後の歯髓の治癒促進が、Calvital, Calcium hydroxide 単味, Dycal の例に比べ遅れ、歯髓に与える影響が大きいため術後の根管象牙質の形成も遅延していることが推察される。浅井・他 (1969)²³⁾は人の歯牙で学童期の幼若永久歯に亜鉛華ユージノール V.A 糊剤を応用し、断片的ではあるが新生象牙質柵で健康歯髓を被覆保護することが多いと報告している。21日目では Calvital, Calcium hydroxide 単味, Dycal の例では、レ線所見でみる不透過性の明影帯はやや幅を増し、一層顕著になってくるが、Hydrex, Cavitec の例では歯髓切断部には何ら著変はみられない。Hydrex の例では14日目の所見でも述べたように根尖部にみられる歯根膜線ならびに歯槽硬線は、やや幅を広くして鮮明度を増してくるが、球根状を呈しているのが明瞭である。病理組織所見では、Calvital や Calcium hydroxide 単味の例では歯髓切断部直下では壊死層の形成は広範囲であるが、14日目に比べ象牙質柵の形成はさらに幅を増し、安定した状態を示してくる。Dycal の例では、切断部直下には薬剤の残存が広範囲にみられるが、壊死層の形成はほとんどみられず薬剤に接して幅広く厚さを増した象牙質柵の形成がみられる。象牙質柵の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は、Calvital, Calcium hydroxide 単味の例で著

明である。術後の根管象牙質については **Calvital**, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal**ではほとんど形成量は同じで, それはヘマトキシリンに不染層として根尖部まで認められる。歯根象牙質の形成量については, **Calcium hydroxide**単味, **Dycal**の例では**Calvital**に比べやや優っており, 根尖部の有細胞セメント質の添加も**Calvital**はやや劣っているようであるが, 歯髄ならびに歯周組織は正常像を呈している。**Hydrex**の例では, 歯髄切断部直下では分断された薬剤が残存し, 薬剤に接した歯髄組織はやや下方まで化膿性崩壊により大きく空虚となってみられる。その周囲は線維化傾向の強い所見を呈しているが, 薬剤の沈着によると思われる物質が散見される。この沈着物質は根尖部歯髄ならびに歯周組織にまでおよんでいる。術後の根管象牙質の形成はみられるが, 根尖部付近では象牙質の形成はほとんど進んでおらず菲薄な象牙質としてみられ, その外側には球根状をなした有細胞セメント質の添加がみられる。**Cavitec**の例では歯髄切断部直下はほとんど消失した壊死層がわずかにみられる。その直下の歯髄組織は反応性炎症が強かったことを示唆しているが, 線維の増殖の強い幼若血管に富む肉芽組織に変わっている。歯髄組織中には, ところどころに象牙質削片の埋入して形成されたと思われる骨様象牙質がみられる。歯髄組織には何ら著変はみられない。術後の根管象牙質の形成は進んでおり, 根尖部においてはそれに伴って第2セメント質の添加も活発である。術後の根管象牙質の形成については, 黒須(1958)¹²⁾は術後60日目の所見で手術前の根管象牙質と手術後の根管象牙質の形成をヘマトキシリン不染層として認めている。木村(1973)²⁹⁾は35日目で術後の根管象牙質の形成を明確に認めているが, 著者の実験では21日目に**Calvital**, **Calcium hydroxide**単味, **Dycal**の例で明瞭に認められる。**Hydrex**の例では, 薬剤による沈着物質が歯髄に与える影響が大きいため歯髄組織の治癒経過を阻害していることが推察される。この**Hydrex**の糊剤中に含有された物質について柳川・他(1969)²⁶⁾は本製剤が, その成分中に吸収されず喰細胞によって貪食されただま組織内に残留し, 治癒を遅延させていると報告している。著者の実験においても**Hydrex**は歯髄に対して重篤な病変を示し, それは根部歯髄にまで波及している。このように**Hydrex**は炎症が強く, 歯髄組織を大きく化膿崩壊していくのは, 成分中に吸収されにくい金属塩に原因があると推察される。35日目になると, レ線所見では**Calvital**や**Calcium hydroxide**単味の例では, 歯髄切断部直下は凹陷として透過像がみられるよう

になり, その下方で幅の広い不透過性の明影帯をみるようになる。**Dycal**では凹陷部に相当する透過像は**Calvital**や**Calcium hydroxide**単味の例に比べ軽度で, 下方ではほぼ同様の所見を呈している。このように**Calvital**や**Calcium hydroxide**単味でみられる凹陷は, 薬剤の吸収が広範囲であることが推察され, 病理所見では未だ壊死組織が広範囲にわたって残存していると思われる。また**Dycal**では切断部直下の薬剤に接した部分では, 壊死組織が少いことが推察される。35日経過例においては, 実験直後では髄腔壁は薄く, 歯髄腔は広く, レ線透過度も強く根管中間部歯髄と幅をほぼ同じくして根尖歯周組織と大きく交通している所見がみられたが, 35日目になると全体的にレ線透過度は減少し, 歯髄腔は幅を順次縮小し, 歯根膜線および歯槽硬線は根尖部付近までやや幅を広くして明瞭に認められる。これは**Calvital**, **Calcium hydroxide**単味, **Dycal**の例では急速に顕著となっている。このことは, 歯髄切断部の治癒は順調に行なわれ, 象牙質柵の形成により健康な歯髄組織を完全に被覆保護するとともに術後根管象牙質もほぼ正常に形成され, 歯根の発育も順調に行なわれていることを示唆し, 根尖部においてもセメント質の添加により閉鎖されていることが推察される。このように生物学的理念に基づいて適切な歯髄処置が行なわれることにより, 健康な歯髄を保存することは, 歯髄の生活力はもとより象牙質の形成を活発にし, 歯根の発育に大いに役立つことが推察される。**Hydrex**, **Cavitec**の例では, レ線所見においては歯髄切断部は実験直後から35日経過例においても不透過性の明影像は認められず, やや透過度を増している。また歯髄腔の順次縮小も**Calvital**や**Calcium hydroxide**単味に比べ劣っている。歯根膜線および歯槽硬線は**Hydrex**では, 根尖部に行くに従って不明瞭になり, 根尖部歯髄と歯周組織は未だ交通している所見が観察される。**Cavitec**の例では歯根膜線および歯槽硬線は根尖部まで連続して明瞭にみられ, 根尖部は閉鎖されている。また**Hydrex**では根尖歯周組織に透過像をみ, 歯根膜線ならびに歯槽硬線も根尖部付近で大きく消失している例もみられる。また病理組織所見によると, **Hydrex**においては, 歯髄切断部直下の歯髄組織は21日目と同様に未だ強い反応性炎症により, 歯髄は大きく崩壊され, 薬剤に接する歯髄組織は下方まで炎症性細胞浸潤を伴う炎症性肉芽組織に変わり, 歯髄細胞は減少しほとんどみられない。また根管壁の歯髄内には化膿性崩壊に陥り, 大きく空虚となった所見がみられる。根管歯髄中央部には象牙質削片の埋入により骨様象牙質の形成が一部みられ

る。根尖部歯髓組織には、薬剤の沈着物が散在し、歯根膜組織の進入が認められる。術後の根管象牙質の形成は悪く根尖部付近においては、歯根象牙質の内側にも第2セメント質の添加がみられる。根尖部は未だ歯周組織と広く交通し、未完成の状態にある。Hydrexの例では、長期間反応性炎症が続き、歯髓組織は大きく破壊されてくる。

著者の実験でみる限りでは、歯髓組織に関与する象牙質の形成は途中で中断されることが推察される。柳川・他(1969)²⁶⁾は人の歯牙で、水酸化カルシウムを主成分とする Hydrex はほとんどの症例において歯髓組織に化膿性炎症や網様萎縮を伴うと同時に組織欠損を生じることを明らかにしている。Cavitec の例では、歯髓切断部直下で分断された薬剤は残存し、象牙質削片を含み、薬剤に接した歯髓組織は一部髓腔壁で骨様象牙質を形成している。その直下の歯髓組織では反応性炎症はほとんどみられず、線維成分の増殖の強い所見を呈している。その周囲では歯髓細胞は減少している。また数個の象牙質削片の埋入による骨様象牙質がみられる。根管中間位から根尖部歯髓は一般に充血調を呈しているが、幼若血管に富み正常像を保っている。術後の根管象牙質の形成は急速に進み、象牙芽細胞は規則正しい排列を示しているが、根管中間位から根尖部にかけて一部歯根象牙質の内側に不規則な構造をした骨様象牙質の添加がみられる。根尖部は有細胞セメント質により閉鎖されているのが明瞭である。このように Cavitec の例では、実験直後からみると治癒過程はかなり遅延しているが、術後35日経過すると回復の傾向にあることが推察される。木村(1967)²⁰⁾は、ラットの皮下結合組織に本剤を埋入し実験的に観察しているが、30日経過例では、薬剤周囲には石灰化組織あるいは骨様組織の形成はみられないと報告している。著者の実験でも歯髓組織に対して木村(1967)²⁰⁾の報告と一致性をみる。Calvital, Calcium hydroxide 単味の例では、レ線所見で述べたように切断部直下にみられる凹陷部は、病理組織所見でみるとまだかなり広範囲に壊死層の形成が髓腔壁から歯髓中央部に向かってみられる。Calvital では、壊死組織は人工的に剝離されている。Calcium hydroxide 単味の例では、象牙質柵ならびに骨様象牙質はやや形成が遅れているようであるが、ほぼ生存歯髓組織を被覆保護している。しかし骨様象牙質は黒須(1958)¹²⁾の報告にもあるようにその内部には多数の大小不同の間隙がみられ、壊死層と交通しているような様相を呈している。Calvital の例では象牙質柵は Calcium hydroxide 単味の例に比べかなり厚さを増している。このことは木下(1967)²¹⁾が人の歯髓で

Calvital を用い実験的に報告しているが、硬組織形成速度、形成頻度ならびに形成量は各種水酸化カルシウム製剤の中でも最も優れていることが推察される。次に Dycal の例では、象牙質柵は髓腔壁から歯髓中央部に向かってかなり幅広く形成され、生存歯髓を完全に被覆している。Leif Tronstad(1974)⁴²⁾は、若年の猿の歯牙を用いて実験的に露出歯髓に応用しているが、30日後では歯髓に軽度の慢性炎症を認め、第2象牙質の形成は不完全なものであったと報告している。また木下(1967)²¹⁾は人の歯牙で実験を行ない、冠部歯髓から根尖部歯髓まで重篤な病変を惹起したものもあると報告しているが、著者の実験では、短期間例から長期間例まで化膿所見を呈するような重篤なものはみられなかった。このことは Dycal は硬化が速いために、ペースト状からセメント状になる経過において歯髓組織に作用する差があらわれたものと推察される。術後の根管象牙質の形成量についてみると Calvital において最も優り、Calcium hydroxide 単味、Dycal の順であった。また歯根象牙質ならびに第2セメント質の添加についても同様であるが、根尖部は Calvital, Calcium hydroxide 単味、Dycal とともに閉鎖されているのが明瞭であるが、Dycal においては未だ第2セメント質の添加がみられる様相を呈している。Calvital, Calcium hydroxide 単味の例においては、35日経過すると第2セメント質により根尖は閉鎖されることから、木村(1973)²⁹⁾の報告と一致性をみる。このように幼若犬では切断部の治癒ならびに根管象牙質の形成は、個体の成長発育からいっても人の歯牙とでは大差があり、かなり早い時期に根尖の閉鎖が行なわれることが推察される。また歯髓切断面の新生象牙質柵が生存歯髓を被覆するようになることは、術後の根管象牙質の形成による髓腔の順次縮小と大いに関与していることが推察される。

62日経過すると、レ線所見によると Calvital や Calcium hydroxide 単味の例では、切断部の凹陷はさらに進んでいるようである。凹陷部に相当する透過度は35日目に比べ増し、その直下の不透過帯も順次幅を広くしている。このことは切断部直下では広範囲に壊死層の形成があり、その直下では幅広い象牙質柵の形成により生存歯髓を完全に被覆保護していることを示唆している。Dycal の例では凹陷はそれほど著明ではないが、不透過帯は Calvital や Calcium hydroxide 単味と同様に35日目に比べ順次幅を広くしている。Hydrex, Cavitec の例では62日経過例においても歯髓切断部には何ら著変はみられない。歯髓腔の状態をみると、実験

直後と62日経過例を比べてみるとレ線透過度の減少および歯髓腔の順次縮小は, **Calvital**, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal**, **Cavitec** の順で, **Hydrex** においては未だレ線透過度は強く, 歯髓腔の順次縮小も著明ではない。歯根膜線ならびに歯槽硬線の状態は, **Calvital**, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal** の例では根尖部付近までやや幅を広くして連続しているのが著明で, 歯根の完成状態を示唆している。 **Cavitec** の例では歯髓腔はやや幅を広くしているが, 歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部まで連続し, 歯根の閉鎖を認める。 **Hydrex** では, 歯根膜線ならびに歯槽硬線は根尖部付近で消失しているもの, 根尖の閉鎖は認められるが根尖部の形態が球根状を呈しているもの, 未だ歯周組織との交通がみられるもの, あるいは歯周組織にも透過像がみられるものがある。木村 (1973)²⁹⁾ はレ線所見により歯髓切断部ならびに歯根の状態を, 実験直後から 120日 経過例まで経日的に観察し, 対照群と比較することによりほぼ正常に歯根の発育が行なわれることを実証している。また村田 (1967)²²⁾ は永久歯萌出直後より定期的に歯牙の X 線像を観察し, その根管完成度をみている。また森 (1930)¹⁾ は本邦産雑種犬における歯牙形態及びその二代歯列発生の時期について報告し, 井尻 (1943)⁵⁾ は歯牙萌出機序について, 竹内 (1950)⁶⁾ はシェパード犬の歯牙の萌出ならびに交換の時期について観察している。著者の実験によると木村 (1973)²⁹⁾, 村田 (1967)²²⁾ の報告とほぼ一致性をみる。長谷川 (1969)²⁴⁾ は人の歯牙で V. A 後 41 日経過例に不透過性の **Dentine Bridge** を認め, 近藤 (1943)⁴⁾ は動物 (幼犬) で術後 12 日目に硬組織を示唆するレ線不透過像を認めている。Frank (1966)⁴⁰⁾ は, 根尖未完成歯の治療とその後の根尖形成について, レ線上では根尖の発育は認められないが, 器具の挿入により閉鎖が認められ, 石灰化物が歯冠部より根尖へと形成されたことを報告している。レ線所見についていろいろ述べてきたが, 著者の実験によると **Calvital**, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal** は歯髓切断部に象牙質 柵形成を示唆すると思われるレ線不透過像を認めるが, **Hydrex**, **Cavitec** の例では認めることができなかった。一方病理組織所見では, 歯髓切断部直下にみられる象牙質柵の形成は, **Calvital**, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal** は同様の歩調で進み, 急速にその幅と厚径を増している。象牙質柵の幼若象牙質はほぼ一定の幅を保ち根管壁の幼若象牙質と連続している。それに随伴して象牙芽細胞も根尖部まで規則正しい排列を示している。象牙質柵と新生根管象牙質は完全に組織癒合が行なわ

れ, さらに新生根管象牙質と原生象牙質も癒合する。象牙質柵と新生根管象牙質はほぼ同じ速度で形成されているのが推察されるが, 後者においてやや優っているのが 62 日目の所見で著明である。術後根管象牙質の形成量は **Calvital** においてやや優り, **Calcium hydroxide** 単味, **Dycal** などはレ線所見でみられるように切断部の状態, 歯髓腔の形態回復は病理組織的所見により実証される。歯根の発育は順調に進み歯根象牙質とセメント質の形成により根尖部は完成している。黒須 (1958)¹²⁾ は庇蓋象牙質と根管象牙質の形成は, だいたい同一の歩調で進められ, 手術による刺激は約 10 日間歯髓の機能を極度に低下させると報告している。また木村・他 (1972)²⁸⁾ の報告にもあるように, 薬剤の刺激が歯髓に与える影響は大きく, 長期間持続する場合と短期間で消失する場合とが推察される。Leif Tronstad (1974)⁴²⁾ は若いサルの歯牙で実験し, **Dycal** は水酸化カルシウムとは異なり, 薬剤に接した歯髓面に第 2 象牙質の形成をみると報告しているが著者の実験と一致性をみる。歯根の発育については木村 (1973)²⁹⁾ の報告と一致性をみ, 約 62 日経過すると根尖の閉鎖はほぼ完成した状態を示している。 **Cavitec** ならびに **Hydrex** の例では, レ線所見によると歯髓切断部には不透過性の像は認められなかったが, **Cavitec** は切断面直下にはわずかに象牙質削片が残存し, それに接した歯髓組織はやや下方まで歯髓細胞の減少をみ, 線維化傾向の強い所見を呈している。根管中間位ならびに根尖部歯髓は正常像を呈している。根尖部歯髓は一部人工的に剝離された所がみられる。術後の根管象牙質は形成されているが, 一部象牙質内に間隙がみられ壊死組織を含んでいる。歯髓組織との交通はみられない。根尖部はセメント質により閉鎖されているが未だ進行している。また **Hydrex** の例では, 歯髓切断部直下では壊死層の形成が広範囲にみられ, その下方の歯髓組織は慢性炎症像を呈し, それは根管中間位歯髓まで波及している。術後の根管象牙質の形成は遅延し, 根尖部は未だ開大し未完成の状態であるものや, 切断部は分断された壊死層がわずかにみられ, その直下の歯髓は化膿崩壊し根管中間位まで大きく空虚となって認められるものもある。術後の根管象牙質はレ線所見でもみられたように, 実験直後から 62 日経過してもほとんど形成されておらず, 根尖部は大きく開大している。根管中間位から根尖部付近の象牙質の内側には, 吸収窩が著明で破歯細胞がみられ, 歯根象牙質は吸収所見を呈している。このように **Hydrex** の例では, 柳川 (1969)²⁶⁾ の報告にもあるように, また著者の実験でも歯髓組織に与える影響は大

きく、根尖部歯髓ならびに歯周組織にまで炎症が波及することが確認された。さらには歯髓の治癒を著しく阻害することにより、歯根象牙質の形成はほとんど行なわれずに、歯根の発育は停止することが実証された。以上いろいろ述べてきたが、一般に **Calvital** や **Calcium hydroxide** 単味では切断部直下に壊死層を形成し、歯髓表層部は石灰化組織から新生象牙質層、また象牙質削片を核とした骨様象牙質が形成され、歯髓切断部は新生象牙質層によって生存歯髓を被覆保護する場合と、新生象牙質層と骨様象牙質と一緒に癒合して被覆保護する2つの型がある。新生象牙質層と術後の根管象牙質はほぼ同じ歩調で形成されるが、後者において優っているようである。歯根の発育は順調に進み、根尖部は第2セメント質により閉鎖される。この頃には歯槽骨の骨化も安定した状態を示している。歯髓組織ならびに歯周組織は正常像を保っている。**Dycal** の例では、歯髓切断部直下には壊死層はほとんど形成されず、薬剤が残存し、薬剤に接した歯髓表層部には **Calvital** や **Calcium hydroxide** 単味の例と同様の過程をたどって治癒される場合と、線維芽細胞の出現が著明で線維化傾向の強い肉芽組織に変わる場合とがある。著者の実験では前者の治癒過程が認められ、歯根の発育も順調に行なわれ根尖部は閉鎖されたが、完全に肉芽組織に変わった場合、歯根の発育は低下し、形成は遅延するものと思われる。**Hydrex** の例では、歯髓切断部直下は薬剤が残存し、薬剤に接した歯髓表層部から歯髓組織深部にわたって化膿性炎症像がみられ、それが長期間存続することにより歯髓は化膿崩壊し、術後の根管象牙質の形成は阻害され、根尖部の象牙質はほとんど形成されず未完成の状態で終わっている。このことは手術時の外科的侵襲の影響も考えられるが、とくに成分中に吸収されない薬剤沈着物質が原因しているものと推察される。**Cavitec** の例では、14日目までは歯髓表層部から下方の歯髓組織は化膿性炎症像を呈しているが、21日目を経過する頃から歯髓表層部からそのやや下方の歯髓組織は線維化傾向が強くなり、根管歯髓は本来の構造に近い組織構造を保っているため、35日から62日目頃になると術後の根管象牙質は、**Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味、**Dycal** に比べ劣ってはいるが根尖部の象牙質は形成され、第2セメント質によって閉鎖されてくる。

結 論

著者は、歯髓腔大なる根未完成歯の幼若犬77頭を用いて、下顎左側あるいは右側の小白歯に生活歯髓切断手術

を施し、水酸化カルシウム系薬剤から **Calvital** を対照として、**Dycal**、**Hydrex**、**Calcium hydroxide** 単味、ユージノール系薬剤から **Cavitec** の計5種類を選択し、薬剤の効果に関してその治癒過程、歯根の発育および歯周組織におよぼす影響についてレ線学的および病理組織学的に検索した結果、次のような結論を得た。

1. 生活歯髓切断後、1日目のレ線所見では全例において切断部に不透過性の明影像はみられない。一方病理組織所見では、**Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味の例では壊死組織と生存歯髓組織との境界が明瞭に認められる。

2. 3日目になると、レ線所見では **Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味の例では、切断部に不透過性の細線が認められるようになり、これは病理組織所見では、歯髓表層部には紡錘形細胞の出現と線維成分の増加がみられ、新生象牙質層形成初期の所見に相当している。

3. 7日目頃になると、**Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味では、不透過性の細線は幅を増し帯状として一層著明となり、この部には新生象牙質層形成がみられ、象牙芽細胞の出現が認められる。

4. 14日目になると、**Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味、**Dycal** では、明影帯は顕著となり、その幅と鮮明度を増している。この時期が象牙質層形成の顕著な時期である。**Cavitec** の例では、レ線透過度は未だ強く、14日目頃までは切断部直下から深部組織に至るまで化膿性炎症が続き、根管歯髓は化膿崩壊に陥っている。

5. 21日経過すると、**Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味、**Dycal** の例では明影帯はほぼ同様な幅を呈し、象牙質層は厚さを増し、生存歯髓組織を完全に閉鎖するようになる。また **Dycal** では切断部直下の薬剤に接した歯髓表層部には、ほとんど壊死層の形成はみられなかった。これは62日経過例においても同様であった。**Cavitec** の例では明影帯は認められないが、切断部直下の歯髓組織には紡錘形細胞の出現と線維成分の増加がみられ、根管中間位から根尖部歯髓はほぼ正常像を保っていた。**Hydrex** の例では未だレ線透過度は強く、歯髓は根管中間位まで化膿性炎症を示していた。

6. 根尖部の形成についてみれば、62日経過すると **Calvital**、**Calcium hydroxide** 単味、**Dycal**、**Cavitec** の例では、細胞性セメント質により根尖孔の閉鎖はほぼ完了しているが、**Hydrex** の例では、化膿性炎症が長期間存続し、それはさらに根尖部まで波及している。そのために根尖部付近の象牙質の形成は悪く菲薄で、細胞性セメント質の添加は認められるが、根尖部の閉鎖は認

められなかった。

7. 根管壁の象牙質の発育は, **Calvital**, **Calcium hydroxide**単味, **Dycal**ではほぼ同様な歩調で順調にこれが行なわれ, **Cavitec**はやや劣り, **Hydrex**はほとんど行なわれていなかった。

以上のことから, **Calvital**, **Calcium hydroxide**単味, **Dycal**は, 発育期にある根未完成歯の歯髄に応用しても, 臨床的に大いに役立つものと考えられるが, **Cavitec**は短期間例では, かなり強い炎症性反応が認められることから, 不安定な状態にあり, **Hydrex**はほとんど応用不可能であると考えられる。

稿を終るにあたり, 終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師吉田光雄教授ならびに恩師上野正康教授に深甚なる謝意を表するとともに常時適切なる御指導と御助言を戴いた放射線学教室佐藤信正教授, 第1保存学教室木村光孝助教授に感謝致します。さらに種々の御協力を戴いた保存学教室ならびに口腔病理学教室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

1. 森 忠男: 本邦産雑種犬における歯牙形態及び其の二代歯列発生の時期について, 日本歯科学会雑誌 23: 227—256, 1930.
2. 花沢 鼎・他: 水酸化カルシウム糊剤を以てする歯髄の処置, 特に生活歯髄切断法について, 歯科学報 46: 870—885, 1941.
3. 関根永滋・他: 象牙質削片を以てする生活歯髄切断法に関する臨床病理学的研究補遺, 歯科学報 48: 447—458, 567—577, 1943.
4. 近藤三郎: 歯髄並びに根管治療に関する実験的研究 歯科学報 48: 553—566, 609—629, 1943.
5. 井尻正二・他: 歯牙萌出機序の実験的研究, 口腔病学会雑誌 17: 286—292, 1943.
6. 竹内 恭: シェパード犬の歯牙の萌出ならびに交換の時期と順序の観察, 動物学雑誌 59: 266—268, 1950.
7. 関根永滋・他: ホモスルファミン加水酸化カルシウムを以てする生活歯髄切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 51: 301—308, 343—352 1951.
8. 野口清隆: 歯牙保存療法に関する研究, 大阪大学歯科学雑誌 1: 7—43, 1951.
9. 山崎安三: 各種剤品による生活歯髄切断法の実験的研究, 歯科学報 51: 1—7, 1951.
10. 西条征男: 種々なる抗菌性物質加水酸化カルシウムを以てする生活歯髄切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 67: 357—372, 399—403, 479—485, 525—551, 58: 20—28, 61—66, 150—156, 187—192, 295—299, 378—385. 1958.
11. 丸島 勝: 水酸化カルシウム貼布による歯髄の創傷治癒機転について, 口腔病学会雑誌 25: 149—160, 1958.
12. 黒須一夫・他: 水酸化カルシウム覆罩による生活歯髄切断法における底蓋硬組織の形成機序に関する研究, 口腔病学会雑誌 25: 55—70, 1958.
13. 吉田定宏: 生活断髄後の治癒機転に関する研究, 大阪大学歯科学雑誌 4: 525—538, 1959.
14. 山下 浩: 根未完成第1大臼歯の感染根管治療, 歯界展望 18: 844—848, 1961.
15. 関根永滋・他: カルビタールを以てする生活歯髄切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 63: 463—473, 1963.
16. 小山良修・他: 実験動物飼育管理の実際, 医学書院 東京, 1963.
17. 浅井康宏: グアヤコール及び亜鉛華グアヤコールが歯髄に及ぼす影響に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 64: 1—74, 1964.
18. 安田英一: 歯髄炎の保存療法についての臨床的研究, 日本保存歯科学雑誌 6: 75—111, 1964.
19. 木下博美: 生活断髄法における **Epidihydrocholesterol** の効果についての臨床病理学的研究, 日本歯学 40: 118—152, 1966.
20. 木村光孝・他: 生活露出歯髄の保護剤 **Propac**および**Cavitec**などの実験的研究, 九州歯科学会雑誌 21: 190—191, 1967.
21. 木下正道・他: 水酸化カルシウム製剤“**Dycal**”の直接歯髄覆罩効果に関する臨床病理学的研究, 日本保存歯科学雑誌 10: 77—90, 1967.
22. 村田睦男・他: 犬の年齢推定について, 京大口科紀要 7: 140—146, 1967.
23. 浅井康宏・他: 学童期永久歯に対する生活歯髄切断法に関する臨床病理学的研究, 日本保存歯科学雑誌 11: 149—165, 1969.
24. 長谷川正康: 歯内療法の実際, 医歯薬出版, 東京, 1969.
25. 五十嵐博: 生活歯髄切断後の底蓋硬組織形成過程の

- 研究—病理組織像と顕微X線像との対比, 日大歯学 43: 36—43, 1969.
26. 柳川一征・他: 水酸化カルシウム製剤Hydrexの直接歯髓覆罩効果に関する臨床病理学的研究, 日本保存歯科学雑誌 12: 98—114, 1969.
 27. 吉田光雄: 歯内療法, 改訂新版, 永未書店, 東京, 1969.
 28. 木村光孝・他: 歯髓および歯周組織と薬剤の関連性についての考え方, 日本歯科評論 352: 9—13, 1972.
 29. 木村光孝: 根未完成歯の歯髓の処置に関する実験的研究, 九州歯科学会雑誌 27: 17—44, 1973.
 30. 木村光孝: 幼若永久歯の歯髓処置, 歯科時報 30: 14—18, 1976.
 31. Grove, C. J. : Capping Vital Pulps, J. Amer. dent. Ass 15: 1688—1693, 1933.
 32. Hoffman, F. : Die direkten Pulpaüberkappung nach der Dentinspeittermethode, Schweiz. mschr. Zahnheilk. 47: 115—141, 1937.
 33. Kundert, H. : Die reparativen Fähigkeiten der Pulpa bei der Vitalamputation mit Calxyl, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 47: 793—838, 1937.
 34. Pajarola, W. F. : Die Überkappung gesunder und infizierter Pulpen mit Calxyl, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 50: 511—540, 1940.
 35. Studer, E. : Die direkte Überkappung der verletzten Pulpa mit Elfenbein, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 51: 157—188, 1941.
 36. Fenner, H. : Spätresultate de Einwirkung des Calxyls bei der direkten Pulpaüberkappung und bei der Vitalamputation der Pulpa, Schweiz. Zahnheilk. 54: 651—680 1944.
 37. Castagnola, L. & Orlay, H. G. : Direct Capping of the Pulp and Vital Amputation, Brit. dent. J. 6: 324—330, 1950.
 38. Schug-Kösters, M. & Kievse, H. : Die direkte Überkappung der Pulpa, Dtsch. Zahnarztl. Z. 8: 579—594, 1952.
 39. Sciaky, I. & Pisanti, S. : Localization of Calcium Placed over Amputated Pulps in Dog's Teeth, J. dent. Res. 39: 1128—1132, 1960.
 40. Frank, A. L. : Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation, JADA. 72: 1966.
 41. John, W. H. et al: Induced apical closure of immature pulpless teeth in Monkeys, Oral Surg. 33: 438—449, 1972.
 42. Leif Tronstad: Reaction of the exposed pulp to Dycal treatment. Oral Surg. 38: 945, 1974.

写真1 Calvital 3日

写真5 Calvital 実験直後

写真2 Calvital 14日

写真6 Calvital 62日

写真3 Calvital実験直後

写真7 Dycal 3日

写真4 Calvital 35日

写真8 Dycal 14日

写真9 Dycal 実験直後

写真13 Hydrex 3日

写真10 Dycal 35日

写真14 Hydrex 14日

写真11 Dycal 実験直後

写真15 Hydrex 実験直後

写真12 Dycal 62日

写真16 Hydrex 35日

写真17 Hydrex 実験直後

写真21 Calcium Hydroxide単味実験直後

写真18 Hydrex 62日

写真22 Calcium Hydroxide単味35日

写真19 Calcium Hydroxide単味 3日

写真23 Calcium Hydroxide単味実験直後

写真20 Calcium Hydroxide単味14日

写真24 Calcium Hydroxide単味62日

写真25 Cavitec 3日

写真29 Cavitec 実験直後

写真26 Cavitec 14日

写真30 Cavitec 62日

写真27 Cavitec 実験直後

写真28 Cavitec 35日

写真31 Calvital 3日

写真32 Calvital 3日

写真35 Calvital 35日

写真33 Calvital 14日

写真36 Calvital 35日

写真34 Calvital 14日

写真37 Calvital 62日

写真38 Calvital 62日

写真41 Dycal 14日

写真39 Dycal 3日

写真42 Dycal 14日

写真40 Dycal 3日

写真43 Dycal 35日

写真44 Dycal 35日

写真47 Hydrex 3日

写真45 Dycal 62日

写真48 Hydrex 3日

写真46 Dycal 62日

写真49 Hydrex 14日

写真50 Hydrex 14日

写真54 Hydrex 62日

写真51 Hydrex 35日

写真55 Calcium Hydroxide単味 3 日

写真52 Hydrex 35日

写真53 Hydrex 62日

写真56 Calcium Hydroxide単味 3 日

写真57 Calcium Hydroxide 単味14日

写真60 Calcium Hydroxide 単味35日

写真58 Calcium Hydroxide 単味14日

写真61 Calcium Hydroxide 単味62日

写真59 Calcium Hydroxide 単味35日

写真62 Calcium Hydroxide 単味62日

写真63 Cavitec 3日

写真66 Cavitec 14日

写真64 Cavitec 3日

写真67 Cavitec 35日

写真65 Cavitec 14日

写真68 Cavitec 35日

写真69 Cavitec 35日

写真71 Cavitec 62日

写真70 Cavitec 62日

写真72 Cavitec 62日