乳歯生活歯髓切断後の治癒機転に関する病理組織学的研究

九州歯科大学口腔病理学教室 (指導: 上野正康教授)

九州歯科大学小児歯科学教室 (指導: 木村光孝教授)

糸 瀬 勝 成

昭和54年10月27日受付

(本論文の要旨は、昭和53年11月11, 12日第69回日本歯科保存学会総会および昭和53年九州歯科学会10月例会において発表した)

Histopathological Studies on the Healing Process of the Pulp Following Vital Pulpotomy of Deciduous Teeth

Katsunari Itose

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

Department of Pedodontics (Director : Prof. Mitsutaka Kimura)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

After giving vital pulpotomy to deciduous teeth, by using Calvital and Dycal from calcium hydroxide, PV from formocresol, and FR-condensed compound of guaiacol and formaldehyde, the author observed the process of recovering histopathologically, and concluded as follows :

1. In the amputated part of the pulp a necrosis layer is formed in using Calvital, FR and PV, but when Dycal is applied we can find little formation of it and sometimes not any of it.
2. Three days after the operation a thin calcificated tissue is formed on the boundary of the necrosis layer and the vital pulp, and it turns light yellowish red by van Gieson staining and dark purple by silver impregnation staining, and it is recognized as collagen stoma.

Close to it we can observe spindle cells and round cells in the pulp clearly.

In case of using Dycal and FR, the part becomes glassy and calcium is deposited there.

In case of using PV, between three days and fourteen days fiber constituent increases.

3. After seven days have passed, in case of using Calvital, dentin barrier begins to be formed, and we can see big spindle cells — pre-odontoblast — there.
4. Between 21 days and 35 days, in case of using Calvital, predentin is found in the

dentin barrier, and then odontoblast connects with odontoblast of root canal.

In case of van Gieson staining method the dentin barrier turns dark yellowish red-purple, and dark red-purple by silver impregnation staining, and the fibers in the pulp and the dentin barrier are gitterfaser. Calcificated tissue remains a little roughly fibrous.

In case of using Dycal, in about 21 days it is calcificated, and between 35 days and 62 days the dentin barrier is formed.

In case of FR, the dentin barrier is formed and spindle cells, round cells and multiple cells are observed.

At this stage it has the same process as the case of Calvital.

In case of using PV, inflammatory cells, which chiefly consist of neutrocyte are observed in the pulp in the middle part of the root canal.

5. In case of using Calvital, FR and Dycal, between 62 days and 92 days the dentin barrier becomes broad and thick and turns red with acid fuchsin by van Gieson staining, purple by silver impregnation staining evenly as primary dentin. On the surface of the pulp rough fibrous tissue remains, and in the barrier a rather thick gitterfaser lies screwing towards predentin through odontoblast.

In case of using PV, inflammatory cells continues to infiltrate and it sometimes develops to suppurative inflammation.

6. In case of using Calvital, FR and Dycal internal absorption is not observed, but in using PV we can find it in 35 days.

結 言

小児歯科臨床の分野においては、乳歯列の完成期には既にう蝕が多発し、その進行が早いから、歯髄処置を必要とする場合が非常に多いことは周知の通りである。乳歯は永久歯とは異なり、その解剖学的な特異性や歯根の吸収という生理的な特徴など大きく変化する要素を含んでいる。歯髄組織に一部病変が生じた場合の歯髄処置に関しては、乳歯の根管形態からみて完全な抜髄が困難なこと、たとえば抜髄、根管充填が行なわれても生理的な歯根吸収が行なわれにくい点などから、生活歯髄切断（以下 V.A と略記）が最も適切な処置法である。この方法は、臨床的にも広く応用され、高く評価されているにもかかわらず、著者が過去の文献を渉猟した限りでは、永久歯の歯髄処置に比べると乳歯の歯髄処置に関する研究は極めて少ない。

さて、現在乳歯の V.A 法に使用されている薬剤としては、水酸化カルシウム製剤、酸化亜鉛ユージノール製剤、ホルモクレゾール製剤などがある。水酸化カルシウ

ム製剤に関する報告としては、Hermann (1928)¹⁾をはじめとして Hess (1938)²⁾, Zander (1937)³⁾, 関根・他 (1943)⁴⁾, 野口 (1956)⁵⁾ その他多くの報告がある。ホルモクレゾール製剤に関しては、Sweet (1930)⁶⁾, Doyle (1962)⁷⁾, Law (1964)⁸⁾ らの報告がみられる。また酸化亜鉛ユージノール製剤については、久保・他 (1950)⁹⁾, 後藤・他 (1968)¹⁰⁾, 宇留賀 (1972)¹¹⁾, Cooke, *et al.* (1956)¹²⁾, Englander, *et al.* (1956)¹³⁾, Rosenstein (1949)¹⁴⁾, Tananbaum (1951)¹⁵⁾ らの報告がある。とくに水酸化カルシウム製剤は、水酸イオンを解離し、水溶液は水酸イオンによって口腔細菌に対し、ある程度の殺菌作用があるといわれ、一般臨床家に広く使用されているが、臨床的には未だ問題点が多い。近年、我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髄剤による V.A 処置は歯髄の一部に感染が疑われた場合でも覆髄剤の殺菌力、消毒力を期待してその適応症も徐々に拡大されている。しかし、慢性炎症像や、内部吸収を惹起するなど未だ解明されていない。これらを解明するために著者は、従来から臨床においても

病理組織学的にも推奨されている水酸化カルシウム製剤の Calvital と Dycal, 過去の研究者, 木村・他 (1978)¹⁶⁾, 高橋 (1976)¹⁷⁾, 高橋 (1977)¹⁸⁾ の報告以外は, ほとんどみられないホルモクレゾール製剤からパルパック V (以下, P V と略記), グアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物 (以下, F R と略記) の各種薬剤を用いて V・A 手術を行ない, その治療機転に関して病理組織学的に検索した結果, 興味ある知見を得たので報告する。

研究材料ならびに研究方法

1. 研究材料

研究材料は 4 歳から 10 歳前後の小児患者から得られたもので, 臨床的には健康歯, 第 1 度う蝕歯などで, 肉眼的ならびに X 線診査の結果, 患者の協力を得て, 咬合誘導のため便宜抜去が必要と診断された上下顎乳前歯で, とくに乳側切歯, 乳犬歯である。固体の成長発育の差を出来るだけ一定条件にするため, 年齢, X 線診査により歯根の吸収があまり進んでいない歯牙を選択した。歯根の吸収が著しく進行している歯牙は本研究から除外した。V・A 糊剤は, 水酸化カルシウム系から Calvital と Dycal, グアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物から F R, ホルモクレゾール製剤から P V の計 4 種類である。本研究に使用した薬剤の処方は次の通りである。

(1) Calvital

イ. 粉末 100g 中

水酸化カルシウム	78.5g
ヨードホルム	20 g
スルファチアゾール	1.4g
グアノフラシン	0.1g

ロ. 液 100ml 中

テーカイン	0.5g
グアノフラシン	0.02g

(2) Dycal

イ. 基剤

二酸化チタン	56.7%
--------	-------

ロ. 硬化剤

水酸化カルシウム	53.5%
酸化亜鉛	9.7%

(3) F R

イ. 粉剤

水酸化カルシウム	50 %
酸化亜鉛	
硫酸バリウム	

ロ. 液剤

グアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物を主成分とした有機性溶液

(4) P V

イ. A 液

ホルマリン	19 ml
クレゾール	35 ml

ロ. B 液

チョウジ油

ハ. C 液

酸化亜鉛

2. 研究方法

キシロカイン注射液によって浸潤麻酔を行ない除痛を行なった後, 簡易防湿またはラバーダム防湿下に, 500,000 rpm エアータービンおよび 18,000 rpm 低速エンジンを用いて髓室を開拓し, 3%過酸化水素水または滅菌生理食塩水を用いて髓室の清掃を行なった。次にメルフランドバー (No.3 から No.6) を用いて根管口部において 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創面を数回洗浄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。そして上記に示した各種覆髓剤によって覆髓を施し, 酸化亜鉛ユー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。V・A 手術を行なったのち, 最短 3 日から最長 430 日経過後抜去し, 直ちに 10% 中性ホルマリン液で固定, 硝酸脱灰を行ない通法に従ってセロイジン包埋後, 15 μ 連続切片標本作製し, Hematoxylin-Eosin 重染色, van Gieson 染色, Azan 染色および渡辺鍍銀法を施して鏡見した。

病理組織学的所見

1. 水酸化カルシウム製剤

Calvital

術後 3 日

歯髓切断部においては, 薬剤に接した部は広範囲に均質無構造の壊死層の形成がみられる。壊死層の表層は Hematoxylin に濃染され, 深層では一部顆粒状の石灰塊が散見される。また髓腔壁から歯髓中央部に連続して, 壊死層と健康な生活歯髓組織との境界を明瞭にしている。菲薄な石灰化組織を形成し, その直下には紡錘形細胞ならびに類円形細胞の出現が著明である。象牙芽細胞は髓腔壁の一部を除いて根管中間位から根尖部にかけ規則正しい配列を示している。歯髓組織は一般に充血調を呈し, 根管中間位から根尖部にかけて石灰変性が見られる以外は正常構造を保っている (図 1)。

van Gieson 染色を施すと、切断部直下の薬剤に接した壊死層と健康生活歯髄との境界部、即ち Hematoxylin に好染した部分は、淡黄赤色あるいは線維状に赤く染色されているのが明瞭である（図2）。鍍銀法によると、Hematoxylin 好染層は、その直下の歯髄に比べ濃く、大部分は網目状に染色されているが、線維状や束状をなして黒紫色に染まっているのが明瞭である（図3）。歯髄組織は一般に充血調を呈している他は何ら著変は認められない。また歯髄切断部は同様な所見を呈しているが、その直下の歯髄組織には炎症性細胞浸潤が認められる所見もある。

術後7日

歯髄切断部の薬剤は僅かに認められる程度で、それに接して壊死層の形成が広範囲に認められる。壊死層の表層は Hematoxylin にかかなり強く染色され、深層に行くに従って大小の顆粒状の石灰塊や歯髄細胞の形態を保っていないながら核の染色性の低下した所見が認められる。歯髄表層部の Hematoxylin 好染層は歯髄内に向って幅を広くしているのが目立ち、髄腔壁から歯髄中央部に連続して一部人工的に剝離した部分を除いて、石灰化組織ならびに象牙質柵形成開始の所見が認められ、大型の紡錘形細胞の出現ならびに線維成分が豊富である緻密な結合組織が認められる。髄腔壁の象牙芽細胞には一部空胞変性が認められるが、根管中間位から根尖部にかけて規則正しい配列を示している。歯髄組織は根管中間位から根尖部にかけて血管の拡張、充血が著明である。

また歯髄表層部直下には髄腔壁から歯髄中央部に向って限局的に軽度の細胞浸潤をみる所見もみられる。その下方の歯髄組織には多数の大小の顆粒状の石灰沈着物が認められる。根管中間位から根尖部にかけての歯髄組織は何ら著変はみられない。

術後14日

歯髄切断部には未だ薬剤の残存が認められる。薬剤に接して広範囲な壊死層の形成がみられ、大きく剝離された部分もある。中に顆粒状の石灰塊も多数認められる。また石灰化組織の一部には血管の介在も認められる。歯髄組織は一般に充血調を呈している。

14日目になると、7日目に比べ一般に歯髄切断部には石灰化組織と象牙質柵の形成が明瞭になってくる。その直下では長楕円形の細胞と象牙芽細胞が連続してみられるようになる。

術後21日

歯髄切断部には菲薄な薬剤が残存している。薬剤に接して一部壊死層がみられるが大部分は人工的に剝離され

ている。歯髄表層部は14日の所見に比べ更に髄腔壁から歯髄中央部に向って石灰化組織ならびに象牙質柵の形成が著明に認められる。石灰化組織には一部血管が埋入している所見もみられる。象牙質柵形成部には象牙質に類似した構造の様相を呈している所も散見される。また一部ではあるが髄腔壁近くの象牙質柵形成部の直下には幼若象牙質が認められ、それは根管の幼若象牙質と連続し、それに伴って象牙芽細胞も連続しているのが明瞭である。歯髄組織は血管の拡張、充血の他は何ら著変は認められない（図4、5）。

van Gieson 染色によると、歯髄表層部に形成された石灰化組織ならびに象牙質柵は濃黄赤紫色に染ってみられる（図6）。

鍍銀染色によると、象牙質柵は線維が濃く黒赤紫色に染り、比較的均等な基質として認められる。歯髄より象牙質柵に達する線維は好銀性を帯びている。石灰化組織はやや粗い線維性基質を残存させている（図7）。

また21日になると象牙質柵直下の象牙芽細胞は一部を除いて規則正しい配列を示すようになり、根管の象牙芽細胞と連続して認められるようになる。

術後35日

歯髄切断部の薬剤はほとんど消失し、壊死組織も一部残存しているのみである。歯髄表層部では、髄腔壁の一部を除いて幅広い厚い象牙質柵の形成が認められる。その直下には幼若象牙質がみられ、それに伴って象牙芽細胞の配列が認められる。歯髄組織は一般に充血調を呈している。

35日経過すると、象牙質柵直下には幼若象牙質の形成がみられるようになり、それに伴って象牙芽細胞も規則正しい配列を示すようになる。

術後62日

歯髄切断部の薬剤はほとんど認められないが、薬剤に接している壊死層は未だ広範囲で歯髄細胞ならびに血管が認められる。歯髄表層部には髄腔壁から歯髄中央部に向って連続して象牙質柵の形成、それに伴って幼若象牙質の形成が認められる。幼若象牙質にみられる象牙芽細胞は根管の象牙芽細胞と連続し、規則正しい配列を示している。歯髄組織は象牙質柵の形成により被覆保護されているのが明瞭である（図8、9）。

van Gieson 染色によると、歯髄切断面に形成された象牙質柵は原生象牙質とほぼ同程度に赤色に染色されている（図10）。

鍍銀染色によると、象牙質柵は原生象牙質とほぼ同様に均等に染色されている。象牙質柵は好銀性の微細な線

維から成っているのが明瞭である。また象牙質柵の部には歯髄よりの膠原線維が束状をなしてうねりながら柵に進入し、粗い基質となっている所や、象牙芽細胞間をラセン状をなして蛇行しながら幼若象牙質に達する好銀線維として認められる線維性の均等な基質としてみられる(図11)。

術後92日

歯髄切断部の薬剤、壊死組織はまだ残存している。象牙質柵の形成は明瞭である。一部組織の介在が認められるが外界との交通はみられない。術後の血管壁に添加された象牙質はほぼ根尖部近くまで連続して、歯髄腔は漸次縮小されている。歯髄は充血調のほかは何ら著変は認められない。

術後180日

歯髄切断部の壊死層はほとんどみられない。歯髄切断部には幅広い厚い象牙質柵の形成は著明であるが、この時期より緩慢となっている。歯髄組織には何ら著変はみられない。

術後380日

この時期になると 180日とほとんど同様な所見を呈しているが未だ象牙質柵の形成は進行している。

術後420日

歯髄切断部の薬剤ならびに壊死層はみられない。歯髄表層部では一部石灰化組織を僅かに残存させている。象牙質柵の一部には歯髄組織の進入が認められるが象牙質柵は幅広く厚く形成され、それに伴って幼若象牙質はほぼ均一な幅を保ち、象牙芽細胞も根管の象牙芽細胞と連続しているのが明瞭である。根管壁に添加された象牙質には以前に内部吸収をこうむり再び象牙質の添加がなされたと思われる象牙質も認められる(図12, 13)。

van Gieson 染色によると、象牙質柵は原生象牙質とほぼ同程度の染色性を示している(図14)。

鍍銀染色によると象牙質柵の粗い基質はそのまま残存して均等な基質に連続しているようである。象牙質柵を形成している象牙芽細胞間には好銀線維が蛇行して幼若象牙質に進入している(図15)。

Dycal

術後3日

歯髄切断部には分断された薬剤が残存している。薬剤に接した歯髄組織には硝子様変性がみられるが、炎症所見は認められない。壊死層直下の歯髄組織には類骨組織あるいは石灰顆粒が散在してみられる。これは中には明らかに細胞を含んでいる。

van Gieson 染色によると、切断面は不明瞭となり、

歯髄側は淡黄赤色に染色されている。

鍍銀染色によると、切断面は不明瞭となっており、その直下の歯髄内の線維は硝子様化されて判別困難な所見を示している。歯髄切断部には多量の薬剤が残存している所見も見られる。薬剤に接して広範囲に壊死層の形成がみられ生活歯髄との境界を明瞭にしている。歯髄組織には根管中間位から根尖部にかけて大小の石灰変性が認められ、充血調を呈している所見もある。

術後7日

歯髄切断部には僅かながら薬剤が残存している。薬剤に接して髄腔壁から歯髄中央部に連続して炎症が広範囲に認められる。膿瘍の形成はみられないが、好中球、リンパ球、プラズマ細胞を主体とした中等度の炎症性細胞浸潤が認められる。根管中間位から根尖部にかけての歯髄組織は正常像を保っている(図16, 17)。

7日目の所見では歯髄表層部からやや下方にかけて炎症所見がみられるが、根管中間位の歯髄組織は正常像を呈している。

術後14日

歯髄切断部には多量の薬剤が残存している。薬剤に接した部分には石灰沈着が認められる。また一部には硝子様化も認められ、石灰化と硝子様化が一緒になっている部分も認められる。歯髄組織は全体的に線維化が起こっており、部分的に硝子様化されている。

また歯髄切断部は薬剤が残存し、薬剤に接して壊死層の形成が認められる。歯髄壊死層部から直下の歯髄には線維化がみられ、紡錘形細胞や類円形細胞の出現が認められる。やや下方の歯髄は硝子様化されている所見もある。

術後21日

歯髄切断部には分断された薬剤が散在し、その下方では緻密な結合組織がみられ、14日目に比べ石灰化の傾向の強い所見を呈している。歯髄組織はほぼ正常像を保っており血管の拡張、充血、石灰変性、象牙質瘤などが認められる(図18, 19)。

van Gieson 染色によると、歯髄切断面は線維は束状をなして赤紫色に基質化の様相を呈している(図20)。

鍍銀染色によると、**Hematoxylin** 好染層の石灰化傾向の強い部は、膠原線維は黒赤紫色に密な所や、束状をなして染色されており、歯髄側に走行している。その下方では膠原線維の増加が認められる。歯髄内の象牙質瘤は線維状に強く染色をして認められる(図21, 22)。

歯髄切断部には薬剤が残存し、薬剤に接した部分は大きく人工的に剝離し、わずかに壊死組織の残存がある。

歯髄表層部には石灰化組織を形成し類円形細胞が認められる場合もある。

術後35日

歯髄切断部には薬剤の残存があり、薬剤に接して緻密な結合組織が認められ、部分的には石灰化が起こり、歯髄は硝子様化している。

術後62日

歯髄切断部には薬剤が残存し、薬剤に接した壊死層の形成は僅小である。髄腔壁から歯髄中央部に連続して骨様象牙質の形成が認められる。その直下ではほとんど象牙芽細胞は認められない。やや下方の歯髄組織は線維成分が豊富である。根管壁には中間位から根尖部にかけて添加された象牙質の形成が認められる。

この時期になると、一般に象牙質柵は幅広く形成され、幼若象牙質も著明となり、それに伴って象牙芽細胞の規則正しい配列がみられる。

術後180日

歯髄切断部の薬剤、壊死組織は認められない。歯髄切断部の象牙質柵は髄腔壁から歯髄中央部に連続して、ほぼ一定の幅を保って形成されている。その直下の幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は根管の象牙芽細胞と規則正しく連続している。

術後210日

歯髄切断部の薬剤ならびに壊死組織は消失しほとんど認められない。歯髄表層部には、一部歯髄組織の介在が認められるが、その直下では幅の広い厚い象牙質柵が髄腔壁から歯髄中央部に向かって形成され、生活歯髄組織を完全に被覆保護している。象牙質柵形成部の象牙芽細胞は根管壁の象牙芽細胞と連続し、規則正しい配列を示している。歯髄組織は充血調であるほかは何ら著変はみられない（図23、24）。

van Gieson 染色によると、歯髄切断部に形成された象牙質柵は酸性フクシンにより原生象牙質とほぼ同程度に赤く染色されている（図25）。

鍍銀染色によると、歯髄切断部の象牙質柵は原生象牙質とほぼ同様に黒赤紫色に染色されている（図26）。

2. グアヤコール・ホルムアルデヒド縮合物

FR

術後3日

歯髄切断部には多量の薬剤の残存が認められる。切断部直下の薬剤に接して髄腔壁から歯髄中央部に向かって広範囲な壊死層の形成がみられる。壊死層は表層から深層に行くに従って細胞核の染色性が低下しているが歯髄細胞を含む凝固壊死層としてみられる。壊死層直下の歯髄

表層部には、凹凸不正、大小不同の石灰化球や比較的大きな石灰顆粒が一層を形成し、分界線として明瞭である。下方では健康歯髄が認められるが、とくに髄腔壁側では部分的に硝子様化がみられ、また網様萎縮所見も呈している（図27）。

van Gieson 染色によると、切断面は不明瞭となっているが、歯髄側に向って一部網目状あるいは線維状に淡黄赤色に染色されている（図28）。

鍍銀染色によると、切断面は根管歯髄に比べ一部不明瞭な部分を除いて線維状としてわずかに黒赤紫色に染色されている（図29）。

3日目の所見は一般に歯髄切断面と生活歯髄組織との境界には分界線が明瞭に出現し、分界線上にはいわゆる大小不同の微細な顆粒状をなした石灰塊の沈着が認められる。歯髄組織は充血調の他は正常像を呈している。

術後7日

歯髄切断部には薬剤が残存している。薬剤に接して壊死層の形成があり、やや下方では硝子様化が起こり軽度の石灰沈着がみられるほかは3日目とほぼ同様の所見を呈している。

術後14日

歯髄切断部には、多量の分断された薬剤が残存している。薬剤に接して広範囲に壊死層の形成がみられ、薬剤に近い所では石灰粒子が多数みられる。壊死層の下方では硝子様化が起こっている。硝子様化した所と下方の生活歯髄との境界は明瞭で、そこには石灰沈着が認められる。下方の歯髄組織には軽度の硝子様化と網様萎縮の所見がみられる。

術後21日

歯髄切断部には菲薄な薬剤の残存が認められる。薬剤に接して菲薄な壊死層の形成があり、上部は硝子様化した石灰沈着を認め、下部には生活歯髄が残存して中に顆粒状の石灰化が起こり、髄腔壁から歯髄中央部に向って、生活歯髄との境界を明瞭にしている。また下方では髄腔壁側から軽度の石灰化層ならびに象牙質柵形成開始の所見がみられ、そこには紡錘形細胞、円形細胞、多角形細胞がみられる。象牙芽細胞層には軽度の空胞変性がみられるが、歯髄組織は充血調を呈しているほかは何ら著変はみられない（図30、31）。

また歯髄切断部直下の歯髄表層部は石灰化組織ならびに象牙質柵開始の所見を見、その直下の歯髄は線維が豊富であるが、中間位から根尖部にかけての歯髄組織は血管の拡張、充血の所見も認められる。

van Gieson染色によると、切断面は赤紫色に線維が

密に束状をなして認められる (図32)。

鍍銀染色によると、切断面は濃赤紫色や濃紫色に太い不規則な線維が束状あるいは密になって歯髄側に向かって派出しているのが明瞭であり、粗い基質として認められる (図33)。

術後35日

歯髄切断部には未だ菲薄な薬剤の残存が認められる。薬剤に接し壊死組織は人工的に剝離されほとんど認められない。35日経過すると21日に比べ歯髄表層部は急速に幅の広い厚い象牙質柵の形成がみられ、一部では象牙質様構造を呈するようになる。その直下には標本作製時剝離されているが象牙芽細胞は規則正しく配列し、根管壁の象牙芽細胞と連続しているのが明瞭である。象牙芽細胞層には根管中間位あたりまでは軽度の空胞変性がみられ、歯髄組織はやや強い充血調を呈しているが、根尖部に行くに従って象牙芽細胞は規則正しい配列を示し、歯髄組織は正常構造を保っている。

この時期になると、歯髄切断部は一部不規則に形成された所を除いて、新生象牙質柵により歯髄組織は被覆保護されている。

術後92日

歯髄切断部には未だ分断された菲薄な薬剤の残存が認められる。薬剤に接して広範囲に壊死層の形成がみられ、中に大小の顆粒状の石灰塊が認められ、歯髄表層部には菲薄な象牙質柵の形成をみ、その下方には厚く髓腔壁から歯髄中央部に連続して幅を一定に保った象牙質柵の形成が認められる。その直下ではほぼ均一な幅を保った幼若象牙質がみられ根管壁の幼若象牙質と連続しているのが明瞭である。それに伴って象牙芽細胞も規則正しい配列を示している。歯髄組織は一般に充血調のほかは根管中間位から根尖部にかけて何ら著変は見られない (図34, 35)。

van Gieson 染色によると、象牙質柵は膠原線維の密な所は酸性フクシンによって根管象牙質とほぼ同程度に赤染されているが、表層に行くに従って束状に赤染されているものや淡赤色に染色されているものがあられる。

鍍銀染色によると、象牙質柵は根管象牙質とほぼ同程度に黒紫色に染色されている。歯髄表層部を観察すると、粗い線維性基質としてみられるものや、まだ束状をなした黒紫色の粗い線維形態を残存させ、象牙質柵の深層部で不明瞭となっている。歯髄腔側の象牙質柵では、象牙芽細胞の間をラセン状にうねりながら蛇行して幼若象牙質に向っているやや太い好銀線維が認められる。

術後210日

歯髄切断部には未だ菲薄な薬剤の残存が認められる。薬剤に接した壊死層はほとんどみられず人工的に剝離されている。歯髄切断面には92日と比べ厚い幅広い象牙質柵の形成がみられ生活歯髄組織を被覆保護している。象牙質柵形成部のすべての組織構造は象牙質様構造を呈しているのが明瞭である。歯髄組織は根管壁に添加された象牙質により縮小している。

術後320日

歯髄切断面に形成された象牙質柵は210日例とほぼ同様の所見をみ形成量も一定しており幅は広く、厚く形成され、組織構造も象牙質様構造を呈している。その直下の幼若象牙質も均一な幅を保って根管の幼若象牙質と連続し、それに伴って象牙芽細胞も規則正しい配列を示している。根管象牙質には一部セメント質様構造が認められる (図36, 37)。

3. ホルモクレゾール製剤

P V

術後3日

歯髄切断部には、菲薄な薬剤の残存が認められる。薬剤に接して広範囲に壊死層の形成が認められる。また壊死層の直下は分界線として軽度の石灰沈着があり、その下方は緻密な線維化として認められる。歯髄組織は充血、出血が著明である (図38, 39)。

van Gieson 染色によると、Hematoxylinに好染する部、即ち壊死層と生活歯髄との境界部は淡黄赤色や一部では線維状に黄赤色に染色されている部分が介在している (図40)。

鍍銀染色によると、Hematoxylin好染層は、濃い黒紫色の一層として認められ、周囲には線維が束状をなして時には間隙をなして髓腔壁から歯髄中央部に向ってみられる (図41)。

術後7日

歯髄切断部には、菲薄な薬剤が残存している。薬剤に接して壊死層の形成がみられ、緻密な結合組織が認められる。下方の歯髄には炎症所見がみられ、生活歯髄と境界を明瞭にして肉芽組織が認められる。石灰化の所見は認められない。

術後14日

歯髄切断面には7日目の所見とは異なり、肉芽組織は認められないが、線維成分が豊富となっている。

術後21日

歯髄切断部には薬剤が僅かにみられる程度である。薬剤に接して広範囲に壊死層の形成が認められる。歯髄表

層部では炎症性細胞浸潤が著明で膿球の堆積層があり膿瘍を形成している。下方の歯髄には好中球を主体とした細胞浸潤が認められ、その周囲は線維化傾向の強い所見を呈している。更に下方の歯髄は根尖部に向うに従って正常構造を保っている（図42, 43）。

van Gieson 染色によると、切断面は濃黄色から淡黄色になり線維は不明瞭となり消失している。

鍍銀染色によると、線維形態は残存しているものの断裂、破壊、消失され濃黒色に染色されている。

術後35日

歯髄切断部の薬剤ならびに壊死層は人工的に剝離されている。歯髄表層部から下方の歯髄組織は線維芽細胞の出現が著明で線維成分に富んでいる。象牙質には一部内部吸収が認められ、内側の象牙質は吸収し、凹窩を形成し、そこに吸収細胞の出現がみられる（図44, 45）。

術後62日

歯髄切断部には薬剤はほとんど見られず、その直下には広範囲にわたって壊死層の形成が認められる。下方の歯髄表層部には好中球を主体とした炎症性細胞浸潤が認められ、膿瘍の形成がある。炎症性細胞浸潤は更に下方まで広がっているが、根尖部に行くに従って健康な生活歯髄組織も認められる。

術後92日

62日とほぼ同様の所見を呈し、根管中間位歯髄まで炎症細胞浸潤がみられるが、根尖部歯髄には生活歯髄が認められる。

術後382日

歯髄切断表層部には、**Hematoxylin** に淡染する幅の不規則な石灰化層がみられ、その歯髄側には歯髄細胞と比べて核の大型の細胞が配列して認められる。その直下の歯髄には好中球やプラズマ細胞などの浸潤があり炎症所見がみられる。更に下方の歯髄では泡沫状の細胞が集積して認められる（図46, 47）。

van Gieson 染色によると、切断面には線維性の基質化はみられず淡赤紫色としてみられる。

鍍銀染色によると、切断面は淡黒紫色として染色され、基質化は起っていない。

術後430日

歯髄表層部から根管歯髄に向って炎症性細胞浸潤が強くなり、化膿性炎症像を呈している。

総括ならびに考察

日常の小児歯科臨床に従事するにあたって、乳歯列の完成期にはすでにう蝕が多発し、来院時には歯髄炎を惹

起している場合が多い事は昭和50年度厚生省の乳歯う蝕罹患率をみても明らかである。乳歯の歯髄処置に関しては後継永久歯との正常なる交換を目的にするために生理的歯根吸収を最も順調に行なわせる歯髄処置法が必要となってくる。現在では最も生物学的な方法として **V.A** 法が推奨され、小児歯科臨床においても高く評価されている。近年、薬剤の開発、改良に伴い、その適応症も従来に比べ徐々に拡大されてきている。

さて、乳歯の **V.A** 法に関する研究は内外多くの研究者により報告されているが、各種薬剤の治癒機転についての報告は非常に少なく未だ解明されていないものも多い。そこで **V.A** 後、先に述べた各種薬剤を用いてその治癒機転に関して病理組織学的に検索したので、著者の研究をもとに内外の文献と比較して考察する。

1. 歯髄切断部にみられる壊死層

水酸化カルシウム製剤

水酸化カルシウム製剤に関しては、過去多くの研究者が報告しているように、壊死層の形成が認められることは周知の通りである。一般に壊死層は、健康な生活歯髄との境界を明瞭に区別する一層で、表層は均質無構造で深層に行くに従って **Hematoxylin** に濃染する石灰顆粒が認められる。

Calvital の例についてみると、関根・他（1963）¹⁹⁾ は10歳～40歳の患者から得られた21例に **V.A** を実施し、2例9.5%に凝固壊死層が認められたと報告し、実験期間21日以内の短期間例に見出されたと述べている。今西・他（1965）²⁰⁾ は6歳から10歳の小児患者に認められた乳歯23例について、凝固壊死は切断された歯髄表層部に認められ、実験期間12日以内の短期間例に見出されたにすぎなかったと報告し、さらに長期間を経過するとその直下に石灰顆粒を来して、象牙質瘤の基盤となると述べている。また大野（1974）²¹⁾ は、壊死層について、表層と深層に分け、表層は均質無構造に **eosin** に染まり、深層には **Hematoxylin** に濃染する微細構造を認めている。木村（1973）²²⁾ は根未完成歯の歯髄処置について健康幼若犬を用いて生活歯髄切断法を行ない術後1日から92日目までは歯髄切断部に広範囲に壊死層の形成をみ、120日目に消失していると報告している。中村（1977）²³⁾ は、根未完成歯の歯髄処置に関して、木村（1973）²²⁾ とほぼ同様な報告をしている。都筑（1974）²⁴⁾ は歯髄切断後の治癒機転に関して、術後60日目までの報告で壊死層の形成をみている。木村（1978）¹⁶⁾ は乳歯生活歯髄切断後の治癒機転に関して、乳歯48例について生活歯髄切断法を実施し、最短1日から最長62日目まで壊死層

の形成をみている。著者の研究でも **Calvital** の例では壊死層は2層に分けられ、表層は、均質無構造に **He-matoxylin** に濃染され、深層は細胞核の染色性が低下したもので一般に線維構造を保った凝固壊死層がみられる。また壊死層内にしばしば顆粒状の形をした石灰塊が認められる。壊死層の幅は一定しておらず、**eosin** に無構造に染色され髄腔壁側から歯髄中央部に向かって行くに従ってその幅を広くしている。これは鍍銀染色法によって明瞭に観察される。92日経過例においては壊死組織は未だ残存しているが、180日から420日経過例については壊死組織はほとんど認められなかった。このことは経日的に壊死組織は菲薄になることを示唆しており、また標本作製時人工的に流出、消失されるものであることが推察される。次に **Dycal** の例では、同じ水酸化カルシウム製剤でも木村(1973)²²⁾、中村(1977)²³⁾、Tronstad(1974)²⁵⁾、木村(1978)¹⁶⁾らの報告にあるように、壊死層の範囲は非常に少ないことが実証されている。壊死層の形成はあっても少なく薬剤に接して硬組織形成が行なわれるようである。このように同じ水酸化カルシウム製剤でも、**Dycal** は **Calvital** に比べ歯髄切断面に形成される壊死層の範囲がはるかに小さい。このことは、Zander(1937)³⁾、Dausch und Sauerwein(1952)²⁶⁾の報告にもあるように **Calvital** は強アルカリ性であることから、急速に組織に強い刺激を与えて細胞は生存不可能になる。一方では水酸化カルシウムによって硬組織形成を促進する作用が早い。**Dycal** は **Calvital** に比べアルカリ性が低く組織に与える刺激が緩慢に働きその分だけ硬組織形成を遅らせているものと推察される。また **Dycal** の方が **Calvital** に比べ溶解率(%)が小さく、親水性が低いいためその分だけ壊死層の範囲が小範囲であると思われる。青島(1966)²⁷⁾の報告でも **Dycal** は粘稠度の時間的変化が大きいと述べているが、**Calvital** はさらに大きいものと思われる。著者の実験でも **Dycal** に比べ **Calvital** が壊死層の範囲が常に広い。臨床的には壊死層は最小限にとどめたいものである。というのは壊死層は間隙となるため永久充填を施した部分から、かなり下方で硬組織の形成が行なわれている。このことは臨床的立場からみると、**Dycal** はペースト状からセメント状に硬化する利点を有し、覆髄兼裏装剤としても使用され、ほとんど薬剤に接して硬組織形成が行なわれているため臨床的価値は大きいものと思われる。

グアヤコール・ホルムアルデヒド縮合物である **FR** に関しては、著者が過去の文献を渉猟した限りでは欧米に

おいても我が国においても今までにほとんど研究者の報告がみられないが、高橋(1976)¹⁷⁾、木村(1978)¹⁶⁾の報告をみる限りでは **Calvital** の所見と同様に壊死層の範囲はかなり広いように思われる。著者の研究では **Calvital** と同様に壊死層の形成が広範囲である。ただ **Calvital** と異っている点は壊死層に一部下方の健康な生活歯髄まで軽度の硝子様化を伴っている。このことは少なからず組織に対して刺激性を有していると思われるが、健康な組織まで為害作用を及ぼすまでには至っておらず、水酸化カルシウムの治癒力により抑制されているものと思われる。高橋(1977)¹⁸⁾は、**FR**はグアヤコールが消毒作用を有し、ホルムアルデヒドの殺菌力が強力であっても、ホルマリンのように強くなくグアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物として組織に作用するため、ホルマリンやグアヤコール単味より劣るものの消毒力を有していると報告している。

ホルムアルデヒド製剤(**FC**法)

FC法は、Sweet(1930)⁶⁾によって初めて乳歯に用いられて以来、Emmerson(1959)²⁸⁾はヒト乳歯に使用し、3日間の観察の結果、表層部に凝固壊死層を認めている。Berger(1965)²⁹⁾は、ヒト乳臼歯を用い同様に歯髄表層に凝固壊死層の形成をみている。Spedding(1965)³⁰⁾は、サルの乳歯20例で同じ様な報告をしている。この他 **FC**法に関しては多くの報告があるが、同じ **FC**でも、著者の研究による **PV**は最近開発されたものでBuckleyの処方から水分を除いた **FC**法でホルムクレゾールの殺菌力を利用したもので臨床的にも広く使用されている薬剤である。臨床的には森谷(1977)³¹⁾らの断片的な報告がみられるが、病理組織学的には木村・他(1978)¹⁶⁾、木村・他(1978)³²⁾の報告がみられるにすぎない。著者の報告によると **PV**による壊死層は **Calvital**、**FR**に比べ少なく、**Dycal** より広いようである。ホルムクレゾールの強い刺激によるものと思われるが、**Calvital**、**FR**、**Dycal** にみられるような歯髄切断面の分界線はほとんどみられず炎症性細胞浸潤により膿瘍を形成し、それはかなり下方の歯髄にまで波及し、根尖部歯髄の一部に正常構造を保った歯髄細胞がみられるにすぎない。このように **PV**は **FC**の作用が強く、その刺激はホルマリンやトリクレゾールの刺激よりも化学反応時の刺激が強く、これが組織に強く作用し障害を大きく与えるものと推察される。

2. 壊死層の石灰沈着物

壊死層内に石灰沈着物が出現するということは過去多くの研究者によって明らかにされており、さらに石灰沈

着物に関しては、関根・他（1943）⁴¹、西条（1957～1958）³³、長谷川（1958）³⁴らは詳細に説明していないが、将来象牙質形成にまで進展すると述べている。野口（1956）⁵¹は、石灰沈着物を石灰化斑蓋といい、歯髄内におけるカルシウム塩の物理化学的な沈着現象であると説明し、丸島（1958）³⁵は石灰沈着物は薬剤中のカルシウムと歯髄組織中に発生する炭酸カルシウムとの結合であるとしている。von Kóssa 硝酸銀法がカルシウムの証明法であることから、吉田（1959）³⁶は、von Kóssa 陽性顆粒カルシウム塩であると報告し、そのカルシウムは体液に由来するものであって薬剤中にある水酸化カルシウムからのカルシウムイオンの歯髄内浸透によって起こるものではないとしている。枝（1961）³⁷、大野（1974）²¹らも同様な見解をとっている。特に大野（1974）²¹は von Kóssa の陽性顆粒層に続いて象牙質柵の形成される第Ⅰ型と壊死層に近接して象牙質柵が形成される von Kóssa 陽性顆粒層の認められない第Ⅱ型とに分けられると述べている。また von Kóssa 陽性顆粒層について枝（1961）³⁷は eosin に染色されると述べ、大野（1974）²¹は表層は eosin に染色されるが、深層では Hematoxylin に濃染する顆粒を認めると報告している。以上諸家の見解により石灰沈着物はカルシウム塩の沈着したものであることは実証されている。さらに都筑（1974）²⁴は、石灰沈着物が生活歯髄に近い部分に連なって認められることから薬剤と歯髄組織成分との結合により退行性変化としてできた病的形成物であるとし、Berman and Massler（1958）³⁸は異栄養性の石灰化であると述べている。また都筑（1974）²⁴は壊死層直下の石灰化沈着物に接して Hematoxylin に好染し、van Gieson 染色で赤染する層が出現し、それに接した生活歯髄内に大型の細胞が出現すると報告している。以上壊死組織内に出現する石灰沈着物に関して先人の報告を見てきたが Glass and Zander（1949）³⁹、枝（1961）³⁷、都筑（1974）²⁴、大野（1974）²¹らは壊死層の硬組織形成の新生に対する役割については積極的には関連していないと報告している。著者の報告では、水酸化カルシウム製剤 Calvital の例では、術後3日から92日経過例において細胞核の染色性が低下し、組織構造を保った凝固壊死層、特に深層に大小不同の石灰顆粒が散在しているのが著明に認められる。FRについてみると、Calvital 同様に薬剤の処方では粉末または液体から成り水酸化カルシウムが50%となっており、術後3日から92日経過例において Calvital と同様の所見を呈している。PVでは壊死層内には表層から深層まで石灰化顆粒

は認められず製剤中にもカルシウムは含まれていない。同じ水酸化カルシウム製剤 Dycal の例では、薬剤に接してわずかに形成されている壊死層には石灰顆粒は認められない。本研究に関する限りでは、確かに Dycal の例について判断すると、壊死層内の石灰顆粒物、即ちカルシウム塩は、吉田（1959）³⁶、枝（1961）³⁷、大野（1974）²¹らが報告しているよう体液に由来するものであると推察されるが、しかし、たとえ壊死層内であっても本研究にみられるように、Calvital、FRの例は少なからず細胞が生存している深層に石灰顆粒が多く認められることや同じ水酸化カルシウム製剤であっても Dycal は Calvital に比べその処方をみる限り水酸化カルシウムの含有量は少なく、一概に同じ見解はとられないと思われる。著者はむしろ水酸化カルシウム製剤中のカルシウムが必要で歯髄組織中のカルシウムとが結合したものであると考える。

3. 壊死層と硬組織形成との関連性

壊死層の石灰沈着物の項でも少し述べてきたが、木村（1978）³²の報告にもあるように、壊死層は機械的な刺激はもとより長期間薬剤による刺激が持続するか、短期間で消失するか、また薬剤の浸透性によって決定されるものである。著者の所見でも明らかなように、硬組織の形成にあくまでも手術時の刺激や薬剤の刺激によって歯髄組織中の細胞が分化して未熟な細胞から象牙芽細胞まで成長して硬組織を形成するものであって、石灰沈着物が硬組織形成に進展するとは考えられない。しかし歯髄表層部にも大小不同、凹凸不正の石灰顆粒状の出現がみられることから、象牙質削片が歯髄内に埋入された時は、それを核として骨様象牙質まで成長することを考えると、石灰沈着は骨様象牙質形成に至らなくとも、何らかの形で関与するのではないかと推察される。

4. 象牙質柵形成過程

一般に V・A 法は一部感染した冠部歯髄を除去し、解剖学的根管口部で歯髄を切断し、根部歯髄を生活したまま残す方法であり、特に乳歯のような生理的歯根吸収を順調に行なわせるためには最も理想的な生物学的処置法といえる。象牙質柵は歯髄切断後はスムーズに治癒が行なわれると健康な生活歯髄を被覆保護する硬組織で、Dentin barrier or Dentin bridgeという言葉で呼ばれている。

水酸化カルシウム製剤 Calvital の例についてみると、術後3日目では、壊死層と健康な生活歯髄組織との境界には石灰化部の一層が明瞭に認められ分界線としてみられる。歯髄表層部の一部には菲薄な石灰化組織が形

成され、そこには紡錘形細胞や類円形細胞の出現が著明である。壊死層と健康な生活歯髄との境界部は、**van Gieson** 染色で観察すると、淡黄赤色あるいは線維状に赤く染色されている。また鍍銀法では、網目状、線維状、束状をなして黒紫色に染まっている。以上の事から基質形成開始の初期の所見としてみられる。これらに関連する報告に関しては、木村(1973)²²⁾、中村(1977)²³⁾は、根未完成歯の幼若犬で3日目に多数の紡錘形細胞の出現と膠原線維の増加をみている。都筑(1974)²⁴⁾は成犬を用い3日目で膠原線維からなる基質の形成を、木村(1978)³²⁾はヒトの乳歯を用い3日目に膠原性の基質の形成を認めている。五十嵐(1969)⁴⁰⁾は成犬の歯牙を用い V.A 後石灰化時期は14日に始まるとし、木下(1967)⁴¹⁾は人の歯牙を用いて10日目より石灰性分界層に象牙質線維の新生をみると報告している。7日目の所見では、歯髄表層部には石灰化組織ならびに象牙質柵形成開始の所見が認められ、大型の紡錘形細胞の出現ならびに線維成分が豊富である緻密な結合組織が認められる。先人の報告では、木村(1973)²²⁾は根未完成歯の幼若犬で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」と報告し、木村(1978)³²⁾はヒトの乳歯で歯髄表層部に石灰化組織ならびに菲薄な象牙質柵の形成開始の所見をみ、大型の紡錘形細胞や幼若な線維の出現をみている。野口(1956)⁵⁾は、人の歯牙で新生象牙芽細胞は術後1週間から2週間目に観察されたとし、吉田(1959)³⁶⁾は、幼若犬の歯牙を用い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配列をみている。都筑(1974)²⁴⁾は成犬の歯牙で、**van Gieson** 染色で赤染する束状の基質を認め、鍍銀法によると、好銀性線維は密でそこから束状をなし歯髄内派出していると報告している。中村(1977)²³⁾は髓腔壁から歯髄中央部に連続して新生象牙質柵の所見をみ、歯髄中央部で厚く、髓腔壁で菲薄になりその直下には象牙芽細胞が著明に認められると報告している。

14日経過すると、著者の研究では歯髄表層部には急速に幅を広くした石灰化組織と象牙質柵の形成がみられ、そこには長楕円形の細胞や象牙芽細胞が配列している。また石灰化組織の一部には血管の介在も認められる。過去の文献によると、中村(1977)²³⁾は新生象牙質柵と象牙質削片を核として出来たと思われる骨様象牙質が連続していると報告し、大野(1974)²¹⁾は **von Kóssa** 陽性顆粒層につづいて象牙質柵が形成される第1型において、石灰化柵の大型細胞は根管象牙質の象牙芽細胞に接する部より丈を伸長して長楕円形の象牙芽細胞となり、

その部では石灰化象牙質、幼若象牙質および象牙細管と本来の象牙質の形態をもった石灰組織を作り、この変化は10日目頃から認められると報告している。丸島(1958)³⁵⁾は、12日経過後新硬組織の形成をみ、都筑(1974)²⁴⁾は、**Hematoxylin** 好染層には象牙質障壁といてよいような細管構造を示し、膠原線維性の基質は酸性フクシンで濃く赤く染まり、鍍銀法で濃く染め出されると報告している。また中村(1977)²³⁾は14日目になると象牙質柵の組織構造は不規則な線維像を呈しているが、原生象牙質の構造と類似性をもってると報告している。術後21日経過すると、著者の研究では14日目の所見でもみられるように石灰化組織ならびに象牙質柵の形成が認められるが、21日目になると象牙質柵は原生象牙質に類似した組織構造をもつようになる。この時期になると象牙質柵直下の幼若象牙質も認められ根管の幼若象牙質に連続し、それに伴って象牙芽細胞も連続している。**van Gieson** 染色によると、象牙質柵は濃赤色に染色され、鍍銀染色でみると、柵は線維が濃く黒色に染まり、比較的均等な基質として好銀性を帯びている。石灰化組織はやや短い線維性基質を残存させている。野口(1956)⁵⁾、西条(1958)³³⁾らは、人の歯牙を用いて術後3週間後に **Dentin bridge** の形成をみ、木下(1967)⁴¹⁾は20日前後で牀蓋象牙質の新生を確認している。

Sciaky(1960)⁴²⁾は成犬で3週間後に **Dentin bridge** を認め、中村(1977)²³⁾は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すと報告し、木村(1978)³²⁾は14日目に比べ柵の厚さは増していると報告し、都筑(1974)²⁴⁾は象牙質障壁はその厚みを増し象牙質と類似した構造を示すが、歯細管の走行はまだ彎曲、屈曲を示しているとしている。膠原線維の染色性は原生象牙質に比べて強いと報告している。術後35日経過すると、著者の研究では、一般にこの時期になると象牙質柵の形成は安定し、幅広く厚く形成され幼若象牙質ならびに象牙芽細胞も規則正しい配列を示すようになる。木村(1978)³²⁾は象牙質柵は、**van Gieson** 染色を施すことにより、酸性フクシンに濃染する膠原性基質の形成をみ、これは象牙質の形成部に相当することを認めている。都筑(1974)²⁴⁾は30日以後になると象牙質と全く同じ染色性および構造を示していると報告している。術後62日から420日経過後の本研究に関する限りでは、象牙質柵は幅広く厚く形成されるが、歯髄最表層部では、やや粗い線維形態を残存させ、それに続いて好銀性の微細な線維からなっている均等な基質に連続している。このように象牙質柵が完全に形成されてもその最表層部は線

維形態の粗い部分は長期間時日が経過したにしてもそのまま残存した形をとり、完全に基質化されるものではないことが実証された。

水酸化カルシウム製剤 **Dycal** の例では、術後3日目では、著者の研究では、薬剤に接して菲薄な壊死層は僅少で、やや下方の歯髄は軽度の硝子様化が起こっている。文献としては、中村（1977）²³⁾ は根未完成歯の幼若犬を用いて、歯髄表層部には膿球が堆積し、髄腔壁から歯髄中央部に連続して一層を形成していると述べている。そして下方の歯髄に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と報告している。木村（1978）³²⁾ はヒトの乳歯を用いて、歯髄表層部には大小顆粒状の石灰化が髄腔壁から歯髄中央部に連続してみられると報告している。その他先人の報告を渉猟する限りでは短期間例についてはあまり述べていないようである。7日経過例では、薬剤に接して髄腔壁から歯髄中央部に連続して膿球の集積をみ、膿瘍の所見を認めている。van Gieson 染色では、歯髄表層部は淡赤色として菲薄にみられ、この部分は酸性フクシンによって赤染する基質を示唆している。硝子様化の部分は線維が不明瞭となって認められる。中村（1977）²³⁾ 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をみている。また木村（1978）³²⁾ は薬剤に接し硝子様化が起こり、そこには大小不同の石灰化の粒子が認められると報告している。14日目になると、著者の所見では薬剤に接した部分には石灰沈着や硝子様化が認められる。また一部では石灰化組織の所見も認められ、紡錘形細胞や類円形細胞の出現が認められる。中村（1977）²³⁾ の報告では、薬剤に接して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ならびに骨様象牙質の形成がみられると報告している。木村（1978）³²⁾ は薬剤に接した下方の歯髄表層部に石灰化の所見を認め、線維芽細胞の出現が著明であると述べている。術後21日経過例において著者は、14日目に比べ、石灰化傾向の強い所見や、石灰化組織の形成を認め、類円形細胞も認めている。鍍銀染色によると、石灰化傾向の強い部には、膠原線維は黒紫色に密な所や束状をなして染色されており歯髄側に走行して認められる。木下・他（1967）⁴¹⁾ は、人の健康生活永久歯20例を用いて、**Dycal** の直接歯髄覆罩効果に関して、25日例で歯髄表層部に組織の緻密化を述べ、中村（1977）²³⁾ は、歯髄表層部には多数の膿球が堆積して一層を形成し、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と報告している。

また木村（1978）³²⁾ の報告によると、14日目に比べ線維性結合組織に富んでおり、一部では不規則な石灰化組織の形成を認めている。

術後35日例においても、薬剤に接して緻密な結合組織がみられ、部分的に石灰化は起こっているものの象牙質層は認めていない。中村（1977）²³⁾ の報告では、歯髄表層部にはまだ膿球が堆積し髄腔壁から歯髄中央部に連続して一層を形成し、その直下では炎症性細胞浸潤を伴う線維と結合組織よりなっていると報告している。木下・他（1967）⁴¹⁾ は歯髄表層部は25日目とほぼ同様の所見を述べている。木村（1978）³²⁾ は、歯髄表層部に強い線維化傾向があると述べている。術後62日経過することによって、著者は髄腔壁から歯髄中央部に連続して骨様象牙質の形成を認めている。木村・他（1978）³²⁾ はこの頃より新生象牙質層の形成をみている。中村（1977）²³⁾ は、歯髄表層部に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、一部線維化傾向の強い肉芽組織に変っていると報告している。関根・他（1963）¹⁹⁾ は、50日以内の所見において著者のいう象牙質層の形成は認められないと報告している。180日目の所見では、歯髄表層部には髄腔壁から歯髄中央部に連続してほぼ一定の幅を保った象牙質層の形成を認め、それに伴って幼若象牙質ならびに象牙芽細胞は規則正しく根管の象牙芽細胞と連続している。中村（1977）²³⁾、木村・他（1978）³²⁾ は62日以後の所見については述べておらず、関根・他（1963）¹⁹⁾ の報告にみると、最長151日経過例においても炎症は根部歯髄にまで波及し、完全なる象牙質層の形成は認めていない。さらに最長202日経過例で象牙質層の形成を認めているが、本来の象牙芽細胞よりなる典型的な著者のいう象牙質層形成ではなく削片を核として添加された非造歯細胞性のものであると報告している。術後210日例によって、ほぼ完全に健康な生活歯髄を被覆保護した幅の広い厚い象牙質層の形成を観察すると、象牙質層形成部の象牙芽細胞は根管の象牙芽細胞と連続し、規則正しい配列を示している。van Gieson 染色でみると、酸性フクシンにより原生象牙質とほぼ同程度に赤く染色され、鍍銀染色でも、原生象牙質とほぼ同様に黒紫色に染色されている。木下・他（1967）⁴¹⁾ は **Calvital** との比較を行ない、硬組織形成の速度、形成頻度ならびに形成量に関して劣ると報告し、その中で先にも述べた如く重篤な病変は根部歯髄にまで波及し、化膿や壊死が認められ、治癒に関して不安定の状態になると報告している。この反面、Tronstad（1974）²⁵⁾ は、若年の猿の歯牙を用いて、**Dycal** によって形成される

Dentin bridge は水酸化カルシウムによって形成される **Dentin bridge** に比べ劣ることはないと言われている。

以上同じ水酸化カルシウム製剤からなる **Calvital**, **Dycal** の象牙質橋形成過程について短期間例から長期間例について報告してきたが、著者の研究をみる限りでは諸家の見解と比べかなり異なった点があることが実証された。

グアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物 **FR** に関しては、術後3日目の所見では、著者は歯髄表層部には、凹凸不正、大小不同の石灰化球が一層を形成している。その直下には、石灰化の傾向を示す所見も認められる。**FR** 例に関しては、先人の報告をみると、わずかに、高橋 (1976)¹⁷⁾、木村 (1978)³²⁾ の報告をみるのみである。高橋 (1976)¹⁷⁾ は、ヒトの根末完成永久歯と根完成永久歯に、本製剤を使用し、病理組織学的に検索している。それによると、ヒトの根末完成永久歯を用いた2日目の所見では、歯髄表層部の所見について、とくに明確には述べていない。木村 (1978)³²⁾ は歯髄表層部の所見について、大小不同、凹凸不正の石灰化分が一層を形成しているとし、著者の研究でも、ほぼ一致性をみる。

術後7日例では、歯髄表層部から、やや下方にかけて硝子様化が起こり、軽度の石灰沈着がみられる。高橋 (1976)¹⁷⁾ によると、切断面に沿って、その直下には、硝子様化を示すと報告し同じくヒトの歯根完成永久歯について、9日目の所見について、切断面の壊死に陥った組織中に象牙質削片が埋入し、これを薄い線維層が包んでいると報告している。木村 (1978)³²⁾ は、歯髄表層から下方にかけて網様萎縮、硝子様化、さらに軽度の石灰沈着物を認めている。

14日経過例についてみると、著者の所見では7日目とはほぼ同様に、軽度の硝子様化と石灰沈着を認めており、これは、木村 (1978)³²⁾ の所見とほぼ一致性をみる。

高橋 (1976)¹⁷⁾ は、13日目の所見では、歯根完成永久歯について、凝固壊死層直下の歯髄に軽度の線維化と円形細胞浸潤をみ、歯根末完成永久歯では、16日目に歯髄表層部に石灰沈着層を認め、一部では象牙芽細胞の出現も認めている。

21日目になると、歯髄表層部には、髄腔壁から歯髄中央部に向って、骨様象牙質の形成を認めている。一方、下方においては、髄腔壁側から軽度の石灰化層、象牙質橋形成開始の所見を認め、そこに、紡錘形細胞、円形細胞、多角形細胞をみている。高橋 (1976)¹⁷⁾ は、歯根完成歯で、20日目に、歯髄表層部に薄い線維層をみ、その

直下に象牙質細胞様の細胞の出現をみている。また、根末完成歯で、19日目に、象牙質橋の形成をみ、象牙芽細胞の出現を認めている。木村 (1978)³²⁾ は、14日目に比べ、石灰化が著明となり、石灰化層には、細胞を中に含む線維が緻密であると述べている。

術後35日経過する頃になると、21日目に比べ、歯髄表層部では急速に、幅の広い、厚さを増した象牙質橋の形成がみられ、その線維と構造は、一部では、象牙質様構造を多くしていると報告し、その直下では、象牙芽細胞が明瞭に、規則正しく配列し、根管の象牙芽細胞に連続している。このように、本研究では、35日目頃から、象牙質橋によって健康な生活歯髄は、被覆保護されるようになる。高橋の所見でも、この頃になると、石灰化の進んだ象牙質層の形成と象牙芽細胞の整然たる排列をみている。木村 (1978)³²⁾ の報告によると **Azan** 染色により、象牙質橋は完全なものではなく、所々に疎の状態をなし、その直下の有機性基質は、ほとんどみられないと述べている。

62日経過例では、35日目に比べ、象牙質橋は、更に幅を広くし、髄腔壁から歯髄中央部に連続して、ほぼ一定の幅を保って形成されている。この頃になると、一部では、幼若象牙質も認められるが、完全なものではない。木村 (1978)³²⁾ は、象牙質橋は均等な基質からなり、好銀線維が認められると報告している。

92日以後の所見については、先人の報告がないため、著者の研究で記述することにする。92日目になると、象牙質橋の直下には、幼若象牙質が認められ、これは、ほぼ一定の幅を保って、根管の幼若象牙質と連続しているのが明瞭である。それに伴って、象牙芽細胞も規則正しい配列を示している。

van Gieson 染色によると、象牙質橋は、膠原線維の密な所は、酸性フクシンによって、根管象牙質とはほぼ同程度に染色され、表層に行くに従って、束状に染色されるものや、淡赤色に染色されている。

鍍銀染色では、象牙質橋は根管象牙質とはほぼ同程度に黒紫色に染色されている。

次に、この象牙質橋の最表層部を観察してみると、粗い線維性基質としてみられるものは未だ束状をなした黒紫色の粗い線維形態を残存させ、深層部に行くに従って不明瞭になっている。歯髄腔側の象牙質橋では、象牙芽細胞間をラセン状にうねりながら蛇行して、幼若象牙質に向っているやや太い好銀線維が認められる。

術後210日例、320日経過例については、象牙質橋の形成は緩慢となるようである。また根管壁には、添加象牙

質や類骨組織，セメント質様構造が認められるようになる．以上FRに関して，象牙質柵の形成過程について述べてきたが，術後3日目から種々なる経過をたどって最終的な治療は，Calvital, Dycal と同様に，歯髄切断部は，象牙質柵によって，健康な生活歯髄組織を被覆保護することが判明した．象牙質柵そのものについては，van Gieson 染色，鍍銀染色法で述べてきた通りであるが，Calvital, Dycal, FRとともに象牙質柵は最表層部には粗い線維形態が残存し，深層に行くに従って不明瞭にはなっているが均等でしかも密な線維性基質として観察される．浅井（1964）⁴³⁾は，ヒト永久歯を用いてゲアヤコール単味を直接歯髄に応用して，術後3日目には表層削片被覆，凝固壊死，直下にエオジンに濃染した一層を認め，その下方には軽微な円形細胞浸潤，充血所見をみている．3日経過例では限局性の化膿所見が認められるが，埋入削片を核とする象牙質瘤形成，その下層の歯髄は肉芽化，瘢痕化，髓腔壁象牙質添加，充血，その下方の歯髄は正常所見をみ，730日例では化膿所見を消失し，表層歯髄は肉芽化，瘢痕化，埋入削片を核として形成された象牙質瘤の癒合による象牙質瘤が形成しつつあり，髓腔壁象牙質添加が著明になると報告している．ホルモクレゾール製剤PVについて述べてみると，3日目では薬剤に接した下方では硝子様化が起り，髓腔壁から歯髄中央部に向って緻密な線維がみられ，一部では軽度の石灰化所見が認められる．van Gieson 染色によると，壊死層に健康な生活歯髄との境界部は淡黄赤色，一部では線維状に黄赤色の一層として認められる．鍍銀染色では，境界部は黒紫色の一層として認められ，そこに線維が束状をなして時には間隙をなしてみられる．長坂・他（1975）⁴⁴⁾は生後3カ月前後の幼犬の乳歯にV.A処置後BuckleyのFC法により，3日目に象牙質内部吸収を認めている．

7日，14日目までは薬剤に接して線維成分の豊富な結合組織としてみられたが，21日目より92日目頃までは，強い炎症性細胞浸潤がみられ，膿瘍の形成が認められたが，根管中間位歯髄より根尖部歯髄には健康な生活歯髄も認められ，更に長期間経過することにより，382日，430日経過例では歯髄表層部から根尖部歯髄に至るまで炎症性細胞浸潤が強く化膿性炎症像を呈している．木村（1978）³²⁾は，術後3日目では，歯髄最表層部には硝子様化がみられ，そこは強く壊死し，軽度の石灰沈着の一層を認め，14日目頃より歯髄表層部に膿瘍の形成を認め，35日目では下方の歯髄にまで膿瘍を認めたが62日

目では線維化の傾向を認めたと述べ，FC法は非常に不安定な状態になると報告している．栗原（1971）⁴⁵⁾は詳細には述べていないが，術後20日目の所見で，象牙質の形式が認められたと報告しているが，Doyle（1962）⁷⁾はFC法について組織学的には92%の成功率で水酸化カルシウム法が50%の成功率と述べているが，本研究に関する限りでは，従来から報告されているように，FC法による乳歯の生活歯髄切断では，Dentin bridgeの形成はみられず，むしろ炎症所見は長期間持続し，歯髄は大きな障害をこうむり化膿崩壊するものと思われる．このことはFC法がホルモクレゾールによる殺菌力があるとはいえ，反面に歯髄には強い刺激となって，化膿性炎症像を起こさせるものと思われる．その他FC法による先人の報告をみると，Emmerson, *et al.*（1959）²⁸⁾は，ヒトの乳歯を用いてホルモクレゾールを5分ないし3分作用させることにより，歯髄表層は凝固壊死に陥っているが，健康な歯髄組織も認められ炎症性細胞浸潤は認められなかったと報告している．Spedding（1965）³⁰⁾は，サルの乳歯20例を用いホルモクレゾールを5分間作用させ酸化亜鉛ユージノールで覆髓を行った結果，根端部に骨様象牙質の形成をみたと述べている．Berger（1965）²⁹⁾はヒトの乳歯47本について，21日以降の例で肉芽組織の増殖と侵入をみている．大出（1976）⁵⁶⁾は生後3カ月の仔犬28頭を使って，乳歯歯髄処置の根尖部歯周組織と永久歯歯胚に及ぼす影響と病理組織学的に検索し，そのなかでFC法については，薬剤による壊死は限局している場合や歯髄全体に及ぶものまで歯髄に現われる変化は多様であり，骨様組織の形成，象牙質障壁の形成，内部吸収，膿瘍の形成などがみられる場合があると報告している．Boller（1972）⁴⁶⁾が述べているFC法により歯髄の萎縮，炎症性変化がみられるという報告やMassler and Manskhani（1959）⁴⁷⁾が述べているようにヒトとラットを用いたFC法によって強度の炎症性変化を認め，その炎症は限局されことなく進行し，歯髄は凝固に陥っているという報告と同じ見解をとりたい．

5. 象牙質柵の形成過程（基質形成）に関する歯髄所見ならびに歯髄内の線維

(1) 歯髄所見

歯髄切断表層部の所見については，象牙質柵形成過程で述べたので，主に根管歯髄の状態について記載することにする．水酸化カルシウム製剤Calvital, Dycalについて，V.A手術時に与えた外傷性病変について野口（1956）⁵⁾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、木村(1973)²²⁾、中村(1977)²³⁾はCalvitalを用い、炎症性細胞浸潤は1日目で見られないと報告し、吉田(1959)³⁶⁾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V.Aによる外傷性障害、糊剤による化学的刺激による障害組織の修復期に入ったと考える組織所見を示している。五十嵐(1969)⁴⁰⁾は成犬の歯牙を用い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。丸島(1958)³⁵⁾は生後1年程度の歯髄腔大なる犬を用い、術後3日に至ると、円形細胞浸潤は殆んど認められないとし、都筑(1974)²⁴⁾はCalvitalを用い、成犬で術後3日目頃までは軽度の円形細胞浸潤を認めている。今西・他(1965)²⁰⁾はヒト乳歯23例を用い術後9日経過例で軽微な円形細胞浸潤が認められるが、修復機転が進行していると報告している。関根・他(1943)⁴⁾はCalvitalを用い、ヒト永久歯21例、術後2日目で軽微な円形細胞浸潤が認められるが、短期間に修復機転が発動すると報告、木下・他(1967)⁴¹⁾はDycalを用い、ヒト永久歯20例中、1例(5%)に円形細胞浸潤、4例(20%)に化膿、7例(35%)に網様萎縮を認め、円形細胞浸潤を示した症例は、術後57日経過例に認められ、化膿を示した症例は4例で、その中2例が40日～50日経過例であり、その他2例は110～120日経過した長期間例で根部歯髄の一部が生存している状態であったと報告している。また網様萎縮は100日以内5例、150日以上2例であったと報告している。中村(1977)²³⁾はDycalの所見で術後14日目まで炎症性細胞浸潤を認めている。木村・他(1978)³²⁾はCalvitalを用い、術後1日目で限局性の軽度の炎症性細胞浸潤をみているが、3日目頃より歯髄はV.A後の修復期に至っていると思われると述べている。

乳歯のV.A手術においては、健康な生活歯髄を被覆保護する象牙質柵が形成されるまでにはそれに伴って歯髄反応も変化する。即ち機械的刺激、薬剤による化学的刺激が歯髄に作用しその外傷性反応ないしは創傷反応として、一般には炎症を惹起するものと思われるが、経時的に炎症は消退し、組織は修復されていくものである。そこで過去の研究者の報告と著者の研究を比較して述べることにする。著者の研究では水酸化カルシウム製剤Calvitalの例では3日目には、ほとんど炎症性細胞浸潤は認めないが、7日目頃までは軽度の炎症性細胞浸潤を認める場合がある。Dycalの例では術後7日目頃までは薬剤に接した歯髄表層部から下方に至るまで好中球を主体とした炎症性細胞浸潤が著明で膿瘍の形成があ

る。FRについてみると、ヒトの永久歯を用いたものとして、高橋(1976)¹⁷⁾の報告がある。それによると、術後9日目と13日目の所見で、軽度の円形細胞浸潤を認めている。また、根未完成幼若永久歯を用いて、術後7日目に切断面ならびに下方の歯髄に円形細胞浸潤が認められたと報告している。木村(1978)³²⁾は壊死層附近には網様萎縮、象牙芽細胞層に空胞変性、生活歯髄には軽度の円形細胞浸潤などがみられると報告している。切断部直下よりやや下方では術後1日から7日目頃までは、一般に硝子様化が起こり、軽度の石灰沈着を認め、PVによる報告では、木村(1978)³²⁾は術後1日から7日目頃までは炎症性細胞浸潤はあっても限局的であるが、14日目頃から膿球浸潤があり、それは経時的に下方の健康な生活歯髄にまで広がり35日から62日目の所見では好中球を主体とした細胞浸潤がみられ、膿瘍を形成し、その周囲は線維化傾向の強い所見を呈していると報告している。

本研究では術後21日目頃より歯髄表層部は炎症性細胞浸潤が著明で、膿瘍の形成があり下方の歯髄にまで波及している。PVは歯髄表層から根管歯髄に向かって炎症性細胞浸潤が強くなり、術後430日では化膿性炎症像を呈している。このように経時的に炎症は消退することなく細胞浸潤は根尖部歯髄にまで広がり、健康な生活歯髄はほとんど消失するようになる。その他、FC法に関しては森谷・他(1977)³¹⁾はBuckley処方から水分を除いたFC法を用い、乳歯23例について臨床的に95.6%の成功率をおさめている。また、黒須・他(1976)⁴⁸⁾によると、臨床的に良好であるが病理組織学的にはホルモクレゾールの殺菌力の強い作用により、歯髄は網様萎縮、線維化傾向が強くなり肉芽組織に置換されることもあると報告している。長坂・他(1975)⁴⁴⁾はFC法で生後3カ月前後の21頭の幼犬乳歯を用い、肉芽組織に関して、内部の吸収開始初期としては炎症例で、時間の経過とともに幼若性、維線性になり、象牙質を穿孔し、歯根膜組織の侵入を伴って歯根膜性になる場合があることを報告している。Rabinowitch(1957)⁴⁹⁾は内部吸収に関して、感染、外傷あるいは壊死を伴う強い薬剤の作用による。また歯髄内に慢性炎症が残れば、多くの歯は内部吸収を惹起すると主張している。その他の内部吸収に関しては後で述べることにする。

(2) 歯髄内の線維

象牙質柵形成過程を観察するためには歯髄組織に起こる炎症性所見はもとより、一般に硬組織が線維性基質形成に関与していることから、歯髄内の線維成分を観察す

ることは重要な意義があるため、著者は van Gieson 染色、渡辺鍍銀法を施して観察した。Korff (1905)⁵⁰⁾ は、基質の形成には歯髄内のコラーゲン線維が線維成分として関与していると報告し、象牙芽細胞は二次的な機能を有すると報告している。

Calvital の例では術後21日頃になると歯髄よりの膠原線維束が線維形態を残したやや粗い基質をつくるようになる。石灰化組織さらには象牙質柵形成開始時期には象牙芽細胞は規則正しく配列しており、その間を蛇行しながら柵に達する好銀線維が観察され、粗い基質と連続して密な基質が認められるようになる。また一部では歯髄よりの膠原線維束が表層の粗い基質に達している所見もみられるようである。図11でみられるように象牙質柵が幅広く厚く形成された62日目の所見でも未だ歯髄よりの膠原線維束が象牙質柵の最表層部の粗い基質に侵入している所もある。さらに象牙質形成部の象牙芽細胞間を走っている好銀線維は従来の根管壁に沿って認められる Korff 線維と好銀性、形態はともにほぼ同じように認められ、この時期になると歯髄よりの膠原線維束も観察されなくなる。歯髄内の線維の動態は Dycal, FR に関しても同様であるが、象牙質柵形成過程でも述べたように Dycal は術後62日目頃より、FR は35日目頃より Calvital と同様なる過程をたどるようである。このように象牙質柵の基質形成に関しては、歯髄内の線維や細胞の変化によって象牙質柵は形成され、各種製剤によりその治癒過程が異なることは先に述べた如くである。次に染色の程度によって象牙質柵形成部を主体に観察すると、Calvital の例では、術後3日目の所見では van Gieson 染色は、壊死層と健康歯髄との境界部には淡黄赤色あるいは線維状にしかも網目状に赤く染色されている。鍍銀法によると歯髄に比べ、強く大部分は染色されているが、線維状や束状をなして黒紫色に染まっている。21日経過例では、歯髄表層部に形成された石灰化組織ならびに象牙質柵は濃赤色に染まっている。鍍銀法によると、象牙質柵は線維が濃く黒色に染まり、比較的均等な基質として認められる。歯髄より象牙質柵に達する線維は好銀性を帯びている。また石灰化組織の部はやや粗い線維性基質を残存させている。62日目頃になると、鍍銀染色では象牙質柵は原生象牙質とほぼ同様に均等に染色されるようになる。また象牙質柵は好銀性の微細な線維から成っている。420日の所見では62日目とほぼ同様に象牙質柵を形成している象牙芽細胞間には好銀線維が蛇行して幼若象牙質に侵入している。以上、歯髄内の線維について、いろいろ記述してきたが、歯髄組織と歯髄

内の結合組織についてさらにコラーゲン量を観察したものとしては、Stanley, et al. (1962)⁵¹⁾ は人歯髄でコラーゲンを組織学的に観察し、根部歯髄組織は冠部歯髄組織に比べコラーゲン量が多いと報告し、松宮・他(1973)⁵²⁾ は歯根部歯髄は歯冠部歯髄に比べ刺激が加わると、線維性組織の増量を認めるとし、山田(1970)⁵³⁾ は、硬組織の発生過程は歯髄の結合線維の出現に始まるものであるからコラーゲン量の多い歯根部歯髄のほうが、硬組織被蓋形成を起しやすいと述べている。さらに、根管内の歯髄切断について、根管口部で切断された創面は、血液の供給は根尖からの距離も遠く、かつ感染しやすい位置であるが、根尖1/3のところでは切断された創面は小さく、根尖孔に近く、側枝も多いので、血液の供給もよく、したがって根尖附近につくられたものより理想的な創傷治癒形態が認められると報告している。

6. 象牙質内部吸収

内部吸収は一般に機械的刺激、薬剤による刺激、細菌による刺激などにより、歯髄組織の一部に歯髄炎を惹起し、肉芽組織の増殖が限局的におこり、歯髄の内側の象牙質が吸収する現象であり、歯髄組織の生理的な正常な吸収とは異なっているものである。

本研究のように V.A 後乳歯を健康なまま保存し、後継永久歯との正常な交換を目的とする場合は、V.A 後内部吸収を惹起すると乳歯の早期脱落の原因にもなることから十分注意すべきであることは言うまでもない。

そこで内部吸収に関する過去の研究者達の報告をみると、長坂・他(1975)⁴⁴⁾ は、生後3カ月前後の幼犬乳歯に V.A 処置を施し観察した結果、水酸化カルシウムには Pulpdent paste を FC 法には Buckley's Formocresol 処方を用いて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ で41/95例、FC 法で55/94例に内部吸収を認めたと報告している。さらに象牙質内部の吸収に関して FC 法、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は肉芽組織が大半を占め、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は幼若性のものが多く、FC 法によるものとしては線維性のものが多く、破歯細胞、毛細血管、円形細胞を著明に認めたと報告している。

臨床的立場から X 線所見で内部吸収を観察したものとしては、黒須・他(1974)⁵⁴⁾、長坂・他(1974)⁵⁵⁾ らの報告がみられる。

内部吸収の原因については、長坂・他(1975)⁴⁴⁾ は歯髄に対する外傷および障害による歯髄の変化、または歯髄切断後の治癒経過の異常としての歯髄の変性によるものであるとし、Rabinowitch (1957)⁴⁹⁾ は V.A 処置後の感染、外傷、強い薬剤の作用によるものであり、慢性炎症がこれば多くの歯は内部吸収が起ると報告し

ている。大出 (1976)⁵⁶⁾ は薬剤ならびに物理的刺激が起因しているとし、石川 (1969)⁵⁷⁾ は、歯髄組織に慢性刺激が加わり歯髄炎を惹起し、歯髄の一部が肉芽組織に変化し吸収が起こると報告している。大出 (1976)⁵⁶⁾ は、生後3カ月の幼犬28頭の乳歯を用いFC法によるV.A処置を施し、内部吸収は術後35日目に1例認められたにすぎずそれは覆髄剤直下の凝固壊死層ではなく、下層の生活歯髄部であると述べている。著者の研究では、Calvital, Dycal, FRの例では内部吸収は認められなかったが、FC法によるPVの例では、35日目の所見でそれぞれ認められた。35日経過例では大出 (1976)⁵⁶⁾ の報告にもあるように歯髄表層部からやや下方の生活歯髄部で、根管象牙質の内側まで吸収が著明に認められた。その他根管歯髄に以前吸収がおこったと思われ、そこに象牙質が添加されたような所見も散見された。著者の研究をみる限りでは内部吸収は比較的少なく、大出 (1976)⁵⁶⁾、木村 (1978)³²⁾ の報告と一致性をみる。特に乳歯の場合は、木村 (1978)³²⁾ の報告にもあるようにすでに歯根吸収が開始し、進行している歯牙ではそれに伴って歯髄組織も変化していくため、薬剤の治癒機転に関しては同一条件下で行なわれないと個体差によってもかなりの影響がでてくるものと思われる。

本研究で内部吸収の認められた例では、V.A処置における機械的刺激とホルモクレゾール製剤による化学的刺激が加わった結果起こったものと思われる。各種薬剤によって内部吸収が惹起するかどうかはV.A処置を行なうにあたって諸条件を正確に把握しておくことにより、過去の研究者達の報告にあるような内部吸収もかなり減少するものと思われる。とくにホルモクレゾール製剤のような殺菌力の強い制腐効果のすぐれている薬剤を歯髄に応用することはV.Aの適応症を拡大する反面内部吸収を避けることのできない問題であり、今後の研究を待ちたい。

結 論

著者は、乳歯に生活歯髄切断処置を施し、水酸化カルシウム製剤からCalvitalとDycal、ホルモクレゾール製剤からPV、グアヤコール・ホルムアルデヒドの縮合物であるFRの計4種類を選択し、乳歯生活歯髄切断後の治癒機転に関して病理組織学的に検索した結果、次のような結論を得た。

1. 歯髄切断部にはCalvital, FR, PVの例では壊死層の形成が認められるが、Dycalでは一般に軽度で認められない場合がある。

2. 術後3日目には、Calvitalの例では、壊死層と生活歯髄との境界部には菲薄な石灰化組織を形成し、van Gieson染色により淡黄赤色に、鍍銀染色により黒紫色に染まる一層が出現し、膠原線維基質として認められるようになる。それに接して、歯髄内には紡錘形細胞ならびに類円形細胞の出現が著明である。Dycal, FRの例では、薬剤に接して硝子様化がみられ、そこに石灰沈着をきたしている。PVの例では、3日目から14日目頃までは線維成分の豊富な所見としてみられる。

3. 7日経過すると、Calvitalの例では象牙質柵形成開始の所見をみ、大型の紡錘形細胞すなわち前象牙芽細胞がみられるようになる。

4. 21日から35日頃になると、Calvitalの例では象牙質柵には幼若象牙質が認められるようになり、それに伴って象牙芽細胞は根管壁の象牙芽細胞と連続するようになる。van Gieson染色によると、象牙質柵は濃黄赤紫色、鍍銀染色では濃黒赤紫色に染色され、歯髄より象牙質柵に達する線維は好銀性を帯びている。石灰化組織はやや粗い線維性基質を残存させている。Dycalでは21日頃になると、石灰化傾向の所見がみられるようになり、35日から62日頃にかけて象牙質柵の形成をみるようになる。FRの例では象牙質柵形成開始の所見をみ、そこには紡錘形細胞、円形細胞、多角形細胞の出現がみられるようになり、この時期からCalvitalとほぼ同様の過程をたどるようになる。PVの例では好中球を主体とした炎症性細胞浸潤が根管中間位歯髄まで認められる。

5. 62日から92日以後になると、Calvital, FR, Dycalの例では象牙質柵は幅広く厚く形成され、van Gieson染色では酸性フクシンに赤染し、鍍銀染色では黒紫色に原生象牙質とほぼ同程度に均等に染色されるようになるが、歯髄表層部では粗い線維形態を残存させ、柵の部では象牙芽細胞間をラセン状にうねりながら、蛇行して幼若象牙質に向っているやや太い好銀線維が認められる。PVの例では、炎症性細胞浸潤は消失することなく、化膿性炎症像を呈する例もみられる。

6. 内部吸収に関しては、Calvital, FR, Dycalの例では認められなかったが、PVの例では35日目の所見で認めた。

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上野正康教授ならびに木村光孝教授に深甚なる謝意を表します。さらに種々の御協力を載いた口腔病理学教室ならびに小児歯科学教室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Hermann, B.W. : Ein weiterer Beitrag zur Frage der Pulpenbehandlung, Zahnärztl. Rdsch. 37 : 1372—1376, 1928.
- 2) Hess, B.W. : Die Behandlung der lebenden Pulpa, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 48 : 397—401, 1938.
- 3) Zander, H.A. : Reaction of the pulp to calcium hydroxide, J. Dent. Res. 18 : 373—379, 1937.
- 4) 関根永滋・渡辺 豊 : 水酸化カルシウムを以てせる生活歯髓切断法の臨床病理学的研究補遺, 歯科学報 48 : 184—204, 1943.
- 5) 野口清隆 : 歯牙保存療法に関する研究, 阪大歯誌 1 : 7—43, 1956.
- 6) Sweet, C.A. : Procedure for treatment of exposed and pulpless deciduous teeth, J. Amer. Dent. Assoc. 17 : 1150—1153, 1930.
- 7) Doyle, M.A. : Formocresol versus calcium hydroxide in pulpotomy, J. Dent. Child. 29 : 86—97, 1962.
- 8) Law, D.B. and Lewis, T.M. : Formocresol pulpotomy in deciduous teeth, J. Amer. Dent. Assoc. 69 : 601—607, 1964.
- 9) 久保初一 : 亜鉛華ユージノールを以てせる生活歯髓切断法に関する臨床病理学的研究, 日本歯科医師会誌 2 : 48—49, 1950.
- 10) 後藤譲治・山口勝康・他 ネオダインを以てせる乳歯生活歯髓切断法に関する臨床成績, 歯科学報 68 : 1276—1279, 1968.
- 11) 宇留賀勝 : 酸化亜鉛ユージノールセメント（ネオダイン）を以てせる乳歯生活歯髓切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 72 : 113—147, 1972.
- 12) Cooke, C. and Rowbotham, T.C. : A review of a technique for pulpotomy and report on 175 cases, Brit. Dent. J. 100 : 174—177, 1956.
- 13) Englander, H.R., James, V.E., et al. : Histologic response of amputated pulps to calcium compounds and antibiotics, Oral Surg. 10 : 957—986, 1956.
- 14) Rosenstein, S.N. : Pulp capping in children's teeth, J. Amer. Dent. Assoc. 39 : 658—669, 1949.
- 15) Tananbaum, N.I. : Pulp capping with zinc oxide-eugenol and calcium hydroxide Clinical studies on 135 Patient, J. Dent. Child. 18 : 16—20, 1951.
- 16) 木村光孝・品川光春 : 乳歯生活歯髓切断処置に関する臨床と病理, 歯科ジャーナル 8 : 447—454, 1978.
- 17) 高橋忠一 : 各種生活歯髓覆髓剤並びに根管充填剤に対する組織反応についての実験的研究（第二報）, 日歯保誌 19 : 97—110, 1976.
- 18) 高橋忠一 : FC療法の追求から得たFRによる歯内療法, 歯界展望 49 : 439—659, 1977.
- 19) 関根永滋・西条征男・他 : カルピタールを以てせる生活歯髓切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 63 : 463—473, 1963.
- 20) 今西孝博・関根永滋・他 : 乳歯に対する生活歯髓切断法に関する研究, 日歯保誌 7 : 194—203, 1965.
- 21) 大野彰彦 : 象牙質形成に関する実験的研究, 第1編形成過程についての再検討, 九州歯会誌 27 : 720—739, 1974.
- 22) 木村光孝 : 根末完成歯の歯髓の処置に関する実験的研究, 九州歯会誌 27 : 17—44, 1973.
- 23) 中村一孝 : 根末完成歯の歯髓処置における各種薬剤の効果に関する実験的研究, 九州歯会誌 30 : 821—854, 1977.
- 24) 都筑昭夫 : 歯髓切断後の治癒機転の病理組織学的研究, 歯学 62 : 30—57, 1974.
- 25) Tronstad, L. : Reaction of the exposed pulp to Dycal treatment, Oral Surg. 38 : 945—953,

1974.

- 26) Dausch, H. und Sauerwein, E.: Über die Reaction der vitalamputierten, mit Calxyl bedeckten Pulpa, Dtsch. zahnärztl. Z. 7: 613—629, 1952.
- 27) 青島 健・山岸 茂・他: 覆髓剤 Dycal の諸性質について, 日大歯学 40: 546—550, 1966.
- 28) Emmerson, C. C., Miyamoto, O., *et al.*: Pulp changes following formocresol applications on rat molars and human primary teeth, J. South Calif. Dent. Ass. 27: 309—323, 1959.
- 29) Berger, J.E.: Pulp tissue reaction to formocresol and zinc oxide eugenol, J. Dent. Child. 32: 13—28, 1965.
- 30) Spedding, R.H., Mitchell, D.F., *et al.*: Formocresol and calcium hydroxide therapy, J. Dent. Res. 44: 1023—1034, 1965.
- 31) 森谷泰之・田中篤彦・他: 新パルパックVによる乳歯髓切断の臨床成績, 臨床歯科 256: 35—38, 1977.
- 32) 木村光孝・吉田光雄・他: 乳歯生活歯髓切断後の治療機転に関する病理組織学的研究, 小児歯誌 16: 468—486, 1978.
- 33) 西条征男: 種々なる抗菌性物質加水酸化カルシウム糊剤を以てする生活歯髓切断法に関する臨床病理学的研究, 歯科学報 57: 357—372, 339—403, 479—485, 525—551, 58: 20—28, 61—66, 150—156, 187—192, 295—299, 318—383, 1957—1958.
- 34) 長谷川修: 乳歯の生活歯髓切断法に関する実験的研究補遺, 歯科学報 58: 1—40, 1958.
- 35) 丸島 勝: 水酸化カルシウム貼布による歯髓の創傷治癒機転について, 口病誌 25: 149—160, 1958.
- 36) 吉田定宏: 生活断髄後の治癒機転に関する研究, 阪大歯誌 4: 525—558, 1959.
- 37) 枝 重夫: 歯髓内における実験的硬組織形成に関する組織化学的研究, 歯科学報 61: 339—382, 1961.
- 38) Berman, D.S. and Massler, M.: Experimental pulpotomies in rat molars. J. Dent. Res. 37: 229—242, 1958.
- 39) Glass, R.L. and Zander, H.A.: Pulp healing, J. Dent. Res. 28: 97—107, 1949.
- 40) 五十嵐 博: 生活歯髓切断後の庇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.
- 41) 木下正道・中村靖夫・他: 水酸化カルシウム製剤“Dycal”の直接歯髓覆罩効果に関する臨床病理学的研究, 日歯保誌 10: 77—90, 1967.
- 42) Sciaky, I. and Pisanti, S.: Localization of calcium placed over amputated pulps in dog teeth, J. Dent. Res. 39: 1128—1132, 1960.
- 43) 浅井康宏: グアヤコール及び亜鉛華グアヤコールが歯髓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.
- 44) 長坂信夫・城所 繁・他: 象牙質内部吸収に関する研究 (第2報), 病理組織学的観察, 小児歯誌 20: 95—103, 1975.
- 45) 栗原洋一: 乳歯生活歯髓切断の予後—特にFC法について—, 歯界展望 38: 480—483, 1971.
- 46) Boller, J.R.: Reactions of Pulpotomized teeth to Zinc oxide and formocresol type drugs, J. Dent. Child. 39: 298—307, 1972.
- 47) Massler, M. and Manskhani, N.: Effect of formocresol on the dental Pulp, J. Dent. Child. 26: 277—297, 1959.
- 48) 黒須一夫・加藤正憲: Formocresol (FC) による歯髓切断法, 日本歯科評論 403: 63—72, 1976.
- 49) Robinowitch, B.Z.: Internal resorption, Oral Surg. 10: 193—506, 1957.
- 50) Korff, V.: Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere: Arch. f. Mikr. Anat. 67: 1—17, 1905.
- 51) Stanley, H. and Ranney, R.: Age changes in the human pulp, 1. The quantity of collagen, Oral Surg. 15: 1396—1404, 1962.

- 52) 松宮誠一・田熊庄三郎・他：図説口腔病理学，医歯薬出版，東京，1973，196—263.
- 53) 山田享：歯髓切断部位が，その後の治癒におよぼす影響に関する実験的研究，歯科医学 33：711—730，1970.
- 54) 黒須一夫：現代小児歯科学（基礎と臨床），医歯薬出版，東京，1974，291—292.
- 55) 長坂信夫・日野美恵子・他：象牙質内部吸収に関する研究，1. X線写真による観察，小児歯誌 12：7—14，1974.
- 56) 大出祥幸：乳歯歯髓処置の根尖部歯周組織と永久歯歯胚に及ぼす影響，歯学 64：488—539，1976.
- 57) 石川梧朗・秋吉正豊：口腔病理学Ⅰ，永末書店，京都，1969，270—307.

図1 Calvital 3日, H-E染色

図2 Calvital 3日, van Gieson染色
(一部強拡大)

図3 Calvital 3日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図4 Calvital 21日, H-E染色

図5 Calvital 21日, H-E染色

図6 Calvital 21日, van Gieson 染色
(一部強拡大)

図7 Calvital 21日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図10 Calvital 62日, van Gieson 染色 (一部強拡大)

図8 Calvital 62日, H-E染色

図11 Calvital 62日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図9 Calvital 62日, H-E染色

図12 Calvital 420日, H-E 染色

図13 Calvital 420日, H-E染色

図15 Calvital 420日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図14 Calvital 420日, van Gieson染色
(一部強拡大)

図16 Dycal 7日, H-E染色

図17 Dycal 7日, H-E染色

図19 Dycal 21日, H-E染色

図18 Dycal 21日, H-E染色

図20 Dycal 21日, van Gieson 染色（一部強拡大）

図21 Dycal 21日, 鍍銀染色（一部強拡大）

図22 Dycal 21日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図25 Dycal 210日, van Gieson染色
(一部強拡大)

図23 Dycal 210日, H-E染色

図26 Dycal 210日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図24 Dycal 210日, H-E染色

図27 FR 3日, H-E染色

図28 FR 3日, van Gieson染色 (一部強拡大)

図31 FR 21日, H-E染色

図29 FR 3日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図32 FR 21日, van Gieson 染色 (一部強拡大)

図30 FR 21日, H-E染色

図33 FR 21日, 鍍銀染色 (一部強拡大)

図34 FR 92日, H-E染色

図36 FR 320日, H-E染色

図35 FR 92日, H-E染色

図37 FR 320日, H-E染色

図38 PV 3日, H-E染色

図39 PV 3日, H-E染色

図40 PV 3日, van Gieson染色（一部強拡大）

図41 PV 3日, 鍍銀染色（一部強拡大）

図42 PV 21日, H-E染色

図43 PV 21日, H-E染色

図44 PV 35日, H-E染色

図46 PV 382日, H-E染色

図45 PV35日, H-E染色 (一部強拡大)

図47 PV 382日, H-E染色