乳歯根管充填材料が歯根膜および後継永久歯 歯胚に及ぼす影響に関する実験的研究

九州歯科大学小児歯科学講座 (指導: 木村光孝教授)

九州歯科大学口腔病理学講座 (指導: 上野正康教授)

井 手 口

蓋

昭和61年10月23日受付

An Experimental Study on the Effect of Deciduous Root Canal Filling Materials on the Periodontal Membrane and Succeeding Permanent Tooth Buds

Susumu Ideguchi

Department of Pedodontics (Director: Prof. Mitsutaka Kimura)

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

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

Effect of deciduous root canal filling materials, Calvital, Vitapex, Kri I, Neodyne and FR, on the periodontal membrane and succeeding permanent tooth buds was investigated histopathologically with use of young dogs about three months old.

The results were as follows:

1. The subjects treated with Calvital showed almost no inflammatory changes in the apical periodontal membrane of deciduous teeth. However, Vitapex, Kri I, Neodyne and FR caused inflammatory changes.
2. Resorption of deciduous root was delayed in all the subjects treated by root canal filling, in comparison with controls. In the subjects treated with Vitapex or Neodyne, bony ankylosis of the deciduous root and alveolar bone was observed.
3. With regard to changes in succeeding permanent tooth buds, no changes in the cells of enamel organ were observed in the subjects treated with Calvital. With Vitapex and FR, changes such as flattening, fusion, lytic changes, irregular arrangement, and atrophy were observed in the cells of enamel organ when the filling materials extravasated. With Kri I, the cells of enamel organ showed flattening and atrophy. With Neodyne irregular arrangement and atrophy of the cells of enamel organ were observed.
4. In comparison with controls, eruption of permanent teeth was delayed owing to inflammatory changes caused in the periodontal membrane, delayed resorption of deciduous roots, and changes in the cells of enamel organ.
5. With Vitapex and Neodyne, bony ankylosis in particular was seen and disturbance in eruption of permanent teeth was observed.
6. Calvital, FR, Vitapex, Kri I, and Neodyne, in the descending order, affected

the periodontal membrane and the cells of enamel organ of succeeding permanent teeth buds.

7. Use of deciduous root canal filling materials in treatment of non-infected root canals greatly affect the periodontal membrane and succeeding permanent tooth buds when they are applied to immature teeth or when they extravase beyond the apical foramen.

Key words : *Deciduous Tooth/Root Canal Filling Materials/Periodontal Membrane/Succeeding Permanent Tooth/Tooth Bud/Young Dog*

緒 言

近年、歯科材料の安全性評価が重要視され、生体に対する安全性と有効性の評価をいかに行うべきか国内外において関心が高まり、とくに生物学的評価基準が注目されている。

歯内療法材料である乳歯根管充填材料についても生物学的評価を行う必要がある。日常の小児歯科臨床において歯髓疾患の診断基準から根管充填処置を施す症例は非常に多い。乳歯の根管充填処置に関しては、根管充填材料が歯根膜に対して刺激性が少なく、親和性が良く、治癒促進作用を有することがとくに必要な条件であることは周知の通りである。根管充填材料のもつ刺激が強度であれば、充填後、乳歯の根尖歯根膜に炎症を惹起し、後継永久歯歯胚に障害を起こすことにより、エナメル質減形成などを引き起こす。

日常の小児歯科臨床で用いられている根管充填材料が歯根膜に対してどのような影響を与えるか、また後継永久歯歯胚に対する為害性についても十分な検索がなされていないのが現状である。とくに乳歯の根管充填材料の生体適合性について十分な検索を行うことは、歯根吸収とともに材料が吸収性をもっているか、あるいは充填材料により何らかの障害を受けているかなど臨床を行うにあたって重要な意義をもっている。乳歯の各種根管充填材料を同じ条件下で動物実験に用いた評価法を検索した研究はほとんどないようである。Stanford (1980)¹⁾ は、国際歯科連盟 (FDI), Working group 5 of the FDI Commission on Dental Products (1983)²⁾ は国際標準化機構 (ISO), Stanley (1979)³⁾ は米国歯科医師会 (ADA) において、歯科材料の安全性試験基準、生物学的評価基準を報告し、我が国においても厚生科学研究班のグループである佐藤 (1985)⁴⁾ は現時点で適当と考える歯科材料の安全性試験項目を作成している。この中で同研究班の木村ら (1986)⁵⁾ は乳歯根管充填材料の

生物学的評価のための検索にあたっては、乳歯根の完成から歯根の吸収、脱落、後継永久歯との交換という動態の全過程を包含している生後3ヵ月前後の幼犬を実験に使用することが適切であると報告している。

そこで著者は、乳歯に用いる根管充填材料が歯根膜および後継永久歯歯胚にどのような影響を及ぼしているかを詳細にわたって検索を行うため、動物実験による病理組織学的検索を行った。その結果、いささかの知見を得たので報告する。

実験材料および方法

実験に用いた根管充填材料は、日常の小児歯科臨床で用いられている Calvital, Vitapex, Kri I, Neodyne for Root Canal Filling (以下、Neodyne と略記), FR の5種類である。処方は下記に示している通りである。

① Calvital

Powder :

Calcium hydroxide	78.5%
Iodoform	20.0%
Sulfathiazole	1.4%
Guanofrasin	0.1%

Liquid :

T-caine	0.5%
Propylene glycol	50.0%
Distilled water	49.5%

② Vitapex

Calcium hydroxide	30.3%
Iodoform	40.4%
Silicone oil	22.4%
Others	6.9%

③ Kri I (ヨードホルムパスタ 108)

パラクロロフェノール	2.025%
dl-カンフル	4.860%

Table 1 Experimental period and number of case

Material	Duration	Ist Week	2nd Week	Ist Month	2nd Month	3rd Month	Total
Calvital		6 (3)	6 (2)	6 (3)	6 (2)	7 (3)	31 (31)
Vitapex		7 (2)	7 (3)	6 (4)	6 (3)	6 (3)	32 (15)
Kri I		6 (2)	7 (2)	7 (2)	7 (2)	6 (2)	33 (10)
Neodyne		6 (3)	7 (3)	6 (3)	6 (3)	7 (2)	32 (14)
FR		7 (3)	6 (2)	7 (2)	6 (4)	7 (3)	33 (14)
Total		32 (13)	33 (12)	32 (14)	31 (14)	33 (13)	161 (66)

() : Control group

L-メントール	1.215%
ヨードホルム	80.800%
基剤精製ラノリン	8.320%
基剤グリセリン	2.780%

④ Neodyne

Powder :

Zinc oxid	60.0%
Rosin	25.0%
Calcium hydroxide	15.0%

Liquid :

Eugenol	100.0%
---------	--------

⑤ FR

粉剤 :

水酸化カルシウム
酸化亜鉛
硫酸バリウム

液剤 :

グアヤコールとホルムアルデヒドの縮合物

生後3カ月前後の雑種健康幼犬を実験に供した。実験に用いた乳歯は、左側下顎第2、第3乳臼歯で、反対側同名歯を対照群として何ら処置を行わなかった。実験に用いた幼犬は Table 1 に示しているように50頭で、実験歯161例、対照歯66例で計227例である。

実験にあたっては、sodium pentobarbital で静脈内麻酔の全身麻酔下にて実験を行った。左右の実験部位をX線撮影したのち、口腔内を3%過酸化水素水にて清掃消毒を十分に行った。注水下でダイヤモンドバーを用いて歯冠部エナメル質、象牙質を削除し、天蓋除去、髓室開拓をラウンドバーにて行った。抜髄を行うにあたって根管口部で歯髄を露出させ、クレンザーで歯髄を一塊として摘出した。その後 Kerr のリーマーにて根管拡大

後、3%過酸化水素水と8~10%次亜塩素酸ナトリウムで交互に洗浄し、さらに0.9%生食水で清掃し、根管内を滅菌綿栓にて乾燥させた。その後各種根管充填材料の処方に従って操作し根管充填を行い、セメント裏装後、アマルガム充填を施し、X線撮影後すべてを完了した。

実験動物は術後1週、2週、1カ月、2カ月、3カ月の各実験期間飼育後静脈内注射により薬殺し、直ちに下顎骨を採取し、10%中性ホルマリン液で固定した。5%硝酸脱灰ののち通法に従ってセロイジン包埋後、15 μ m連続切片標本を作製し、Hematoxylin-Eosin 重染色、渡辺鍍銀染色を施し鏡見した。

実 験 成 績

病理組織学的所見

I. 対照群

術後1週~術後2週

乳歯根は一定の長さに達し、歯根象牙質は厚く形成され、根尖部は数本の細い根管側枝を残して有細胞セメント質によって閉鎖されている。歯根膜腔はほぼ一定の幅を保っており、根尖部に至るまで歯根膜線維束も規則正しい配列を示し、それに伴って線維芽細胞も密に配列している。歯根膜に面した bundle bone は一般に平坦で辺縁には骨芽細胞の配列が認められる。乳歯の舌側には菲薄な歯槽骨を介して後継永久歯歯胚が存在している。永久歯歯胚は、歯乳頭を覆って楕円形の核をもった一層の円柱状の内エナメル上皮細胞が配列しており、この内エナメル上皮細胞に隣接して立方形あるいは扁平な中間層細胞、その内側には紡錘形あるいは星形を呈し、細長い細胞質突起をもった細胞、いわゆるエナメル髓が存在している。そしてエナメル器の外表をなす比較的扁平な細胞が配列しており、これら内外エナメル上皮は歯頸部

で互いに移行して一種の閉鎖嚢すなわち Hertwig 上皮鞘を形成している。エナメル器は結合組織からなる歯小嚢によってとりまかれている。エナメル質は未石灰化の状態にあり、ヘマトキシリンに濃染している (Fig. 1 ~ 3)。

Fig. 1 Control
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 2 Control
On the 14th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 3 Control
On the 14th day
H.E. Stain $\times 20$

術後1ヵ月

この時期になると、乳歯根の根尖部においては、後継永久歯歯胚の発育の影響により、明瞭な吸収像がみられ、乳歯根尖部有細胞セメント質、象牙質が吸収され、その部に永久歯歯胚が近接している場合と、全く乳歯根の吸収像がみられない場合がある。乳歯歯根膜腔は1週～2週目の所見とほぼ同様に歯根膜線維束も規則正しく

Fig. 4 Control
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 5 Control
On the 1st month
H.E. Stain ×20

Fig. 6 Control
On the 1st month
H.E. Stain ×20

機能的配列を示している。根尖の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ の部分では後継永久歯の発育に伴って吸収像が認められる。乳歯根の根尖部セメント質の吸収部に近接した、後継永久歯歯胚の象牙質は厚く形成され、エナメル質はこの時期に至っても石灰化の不十分なエナメル質として認められる。また内エナメル上皮は順次、細胞が長く伸びて円柱状のエナメル芽細胞に分化し、エナメル質の分泌を開始している所見を示している。上皮鞘は伸長の時期にある。後継永久歯の発育は第3乳臼歯直下の第4小臼歯に比べ第2乳臼歯直下の第3小臼歯の発育が遅い。

この時期では未だ内外エナメル上皮細胞が認められる場合が多く、内エナメル上皮細胞、エナメル髄および外

エナメル上皮細胞が合体して退化エナメル上皮として認められる例はない。歯小嚢は鬆粗な結合組織からなっている (Fig. 4, 5, 6)。

術後2カ月

この時期になると、乳歯根の吸収過程は二つのパターンに区別される。

一つは乳歯の根側セメント質、象牙質の吸収が軽度に見られる場合である。この時期では、歯根膜腔はほぼ一定の幅を保っており、歯根膜線維束も機能的配列を示し、線維芽細胞も豊富に認められるが、吸収部においては歯根膜線維束は離断され、配列も不規則となり、線維芽細胞は減少している。歯根膜に面した bundle bone は一部吸収像あるいは添加像がみられるほかは、一般に平坦で骨面には骨芽細胞が整然と配列している (Fig. 7)。

Fig. 7 Control
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

歯槽骨を介して後継永久歯歯胚が近接しているため永久歯歯胚側の歯槽骨には多核の破骨細胞が著明で、大幅な吸収像を呈している。永久歯歯胚の発育は1カ月目に比べ順調に進行し、歯冠部象牙質は厚く形成され、エナメル質の形成も幅広く認められ、標本上では石灰化が十分であるため間隙となって白くぬけて認められる。一部未石灰化の部分が存在し、その部はヘマトキシリンに濃染している。エナメル質形成部のエナメル器は扁平化した退化エナメル上皮細胞となり、その外側には歯小嚢が存在している (Fig. 8)。

Fig. 8 Control
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

Fig. 9 Control
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

他の一つは乳歯根の吸収が根尖 $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ 相当部で認められ、それ以外の歯根側には全く吸収像はみられない。歯髄は血管の拡張、充血が著明で、僅かに細胞の減少がみられる程度である。歯根膜線維束の配列は根尖の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ 相当部までは未だ規則正しい配列を示しているが、歯根膜に面した歯槽骨に大幅な吸収所見が認められる。乳歯根尖部 $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ 相当部の象牙質は吸収が著明で凹窩を形成している。吸収部が歯根膜と歯髄とを交通しているところもある。乳歯根尖部の歯根膜を一層介して後継永久歯歯胚が近接している。エナメル質が形成され白くぬけた部分や未だ石灰化の不十分な未石灰化の部分が存在している。エナメル器は退化エナメル上皮となり歯髄を覆い、その外側には歯小囊が存在している。

術後3カ月

この時期になると後継永久歯の萌出に伴い、歯小囊の一部は圧迫を受け、乳歯根はほとんど吸収され消失している。歯牙の吸収所見はさらに歯冠部まで進行し髓角付近まで及んでいる。歯髄内には破骨細胞や血管が豊富で、組織球、好中球が多数観察され、吸収組織に置換されている (Fig. 9)。

乳歯根の象牙質の吸収、消失した部には4～5個の多核の巨細胞が並んで配列しているのが認められる。乳歯の歯頸部付近の歯根膜線維束は不規則な配列を示している。

後継永久歯歯胚は歯頸部近くまで萌出し歯槽骨との間

にはすでに歯根膜の形成が認められる。乳歯と永久歯との交換期であることを物語っており、乳歯は脱落寸前にある。エナメル質は退化エナメル上皮で囲まれ、その外側には線維性結合組織が認められる (Fig. 10, 11)。またこの時期には永久歯の歯根も伸長している。

一般的には乳歯根はすべて吸収、消失しており歯冠部の髓角付近まで内部吸収を起している。歯髄は髓角部に

Fig. 10 Control
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

Fig. 11 A magnification of Fig. 10
H.E. Stain $\times 100$

微細血管が豊富に認められるのみで固有の歯髓組織はみられず炎症性の肉芽組織によって置換されている。後継永久歯のエナメル質はすべて石灰化が十分で未石灰化な部分は認められない。永久歯の萌出に伴い退化エナメル上皮は口腔粘膜上皮と癒合するようになり、象牙質も厚く形成され、歯根の長さも伸長するが、未だ未完成歯の状態にあり、歯髓は幼若血管が豊富で、この時期は乳歯と永久歯の交換期にある (Fig. 12)。根尖部には未だ Hertwig 上皮鞘が認められる。

Fig. 12 On the 3rd month
H.E. Stain $\times 20$

II. 実験群

Calvital

術後1週～2週

乳歯根は一定の長さを呈し、根尖部は有細胞セメント質により閉鎖されている。根管内は根尖部に至るまで抜随され一部根管充填材が残存している。乳歯の歯根膜腔は一定の幅を保って根尖まで連続している。歯根膜線維には何ら異常はなく機能的配列を示し、線維芽細胞も豊富に認められる。歯槽骨壁には骨芽細胞の規則正しい配

Fig. 13 Calvital
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 14 A magnification of Fig. 13
H.E. Stain $\times 100$

Fig. 15 Calvital
On the 14th day
H.E. Stain ×20

Fig. 16 Calvital
On the 1st month
H.E. Stain ×20

列が認められる。乳歯根側には歯槽骨を一層介して後継永久歯歯胚が認められる。エナメル質は未石灰化の状態にある。エナメル器は内エナメル上皮細胞, 中間層細胞, エナメル髓, 外エナメル上皮細胞および歯小嚢が明瞭に認められる。乳歯根尖直下の歯根膜に軽度の線維芽細胞の増殖がみられるほかは充填材料による歯根膜内の炎症所見およびエナメル器の障害は認められない (Fig. 13, 14, 15)。

根尖部歯根膜に充填材料が溢出している症例では壊死に陥っている所見や炎症性細胞浸潤は認められないが, 充血調で出血巣がみられる例もある。後継永久歯歯胚のエナメル器に異常所見はみられない。

術後1カ月

根管内は完全に抜髄され充填材料が根尖部に一部残存している。乳歯根には一般に吸収所見はみられないが根尖部のセメント質に軽度の吸収所見がみられ, 一層の歯根膜と歯小嚢を介して後継永久歯歯胚が近接して認められる。永久歯歯胚は1週～2週目に比べ歯冠部象牙質の幅をやや増しているほかはエナメル質は未石灰化の状態にあり, ヘマトキシリンに濃染している。エナメル器, 歯小嚢には何ら著変はみられない (Fig. 16)。

根管内に充填材料や壊死組織が認められる例では根尖直下の歯根膜組織には炎症性細胞浸潤はほとんどみることがなく線維芽細胞の増殖により幼若な結合組織として認められる。

術後2カ月

乳歯根は一定の長さを保ち, 抜髄は根尖部まで行われている。一部根管側枝に組織の残存が認められるが壊死に陥っている。乳歯根の吸収は歯根側から根尖部にかけて認められない。乳歯の歯根膜線維束は斜走し規則正しい配列を示し線維芽細胞の豊富な所見として認められる。骨壁はほぼ平坦な面を呈している。乳歯根舌側下方の後継永久歯歯胚が近接している部においては骨は吸収消失しており歯根膜を一層残すのみとなっている。根尖歯根膜の一部に空胞化が認められている。永久歯歯胚の象牙質は厚く形成されエナメル質形成部とエナメル質の未石灰化部とが混在して認められる。エナメル器はエナメル芽細胞, 中間層細胞, エナメル髓が合体して立方状の退化エナメル上皮細胞として認められ, その外側には歯小嚢が存在し何ら著変はみられない (Fig. 17)。乳歯の吸収は歯根側の外部吸収は認められないが, 根尖の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{2}$ 相当部にセメント質の吸収がみられる例では, その部に僅かにみられる歯根膜組織は吸収組織に置換されている。乳歯根尖部付近のエナメル質は石灰化不十分で未脱灰標本としてみられ, 規則正しいエナメル小柱が認められる。内外エナメル上皮細胞は合体して退化エナメル上皮となり扁平化した細胞により形成されている。乳歯歯根側の部では咬頭頂の部のエナメル質は石灰化は十分で標本では白くぬけて認められる。後継永久歯歯胚の歯頸部付近のエナメル質は未石灰化の状態を呈しているの

Fig. 17 Calvital
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

Fig. 18 Calvital
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

に、乳歯根側の外部吸収が認められる例がある。

術後3カ月

根管内には充填材料が残存している。歯根の $\frac{1}{2}$ 付近まで乳歯根の吸収がみられ、歯根膜側からの外部吸収によりセメント質、象牙質は吸収され凹窩を形成している部分と、セメント質、象牙質が吸収され、その部に多核の巨細胞が並んで認められる。乳歯根 $\frac{1}{2}$ 吸収部には後継永久歯が近接し、咬頭頂が位置し、その部のエナメル質は歯頸部に至るまで石灰化が十分で退化エナメル上皮となり、歯根膜は吸収組織に置換されている (Fig. 18)。また歯頸部付近に至ると新たな歯根膜組織の再生が活発に行われ、線維芽細胞が豊富に認められる。永久歯根側の結合組織内には骨梁の形成がみられ、表面には骨芽細胞の増殖が著明となっている。

また乳歯根の $\frac{1}{2}$ 付近に永久歯の咬頭頂が位置し、その部分の歯根の外部吸収のみがみられ、その他の歯根吸収が遅延している例も認められる。いずれにしても歯髓内部からの吸収がないため後継永久歯の萌出による歯根の吸収は対照群に比べ明らかに遅延してみられる。すべての例において炎症所見はほとんどなく後継永久歯の萌出にあたって炎症による障害はほとんどみられないが対照群にみられるようなスムーズな歯根吸収は行われていない。この時期になると乳歯と後継永久歯との交換が行われる寸前にあるため永久歯の歯根の形成も伸長し Hertwig 上皮鞘も下方に向って伸びている。歯根膜腔

は幅を広くし、再生した歯根膜線維束もみられるが太く走行は未だ不規則である。新生骨梁に比べ結合組織が多く、骨面には骨芽細胞の増殖が著明で、歯根膜に面した骨には未だ bundle bone の形成はみられない。

Vitapex

術後1週～2週

乳歯根の長さは一定に達し、根尖部は閉鎖されている。乳歯歯根膜線維束はほぼ規則正しい配列を示している。乳歯根と後継永久歯歯胚の間には骨が介在している。歯髓は根尖部に至るまで抜髄されている。しかし Fig. 19, 20 では根尖部歯髓は僅かに残存し、歯髓組織は変性、萎縮がみられ壊死に陥っている。根尖直下の歯根膜は軽度の限局した炎症性細胞浸潤ならびに大小の空胞形成がみられ、幼若な結合組織で満たされる。歯槽骨を介して後継永久歯歯胚が存在し、丈の低い立方状のエナメル芽細胞、星状網がみられ、丈の高い円柱状のエナメル芽細胞に移行し、歯冠部に向かう未石灰化のエナメル質部で星状網は消失している。

乳歯の根管内は根尖に至るまで抜髄されているが根尖部付近には根充材の残存が認められる。根充材が根尖歯根膜に溢出している例では根充材を取り囲むようにその周囲歯根膜に石灰化組織の形成がみられる。根尖周囲歯根膜内には大小の空胞形成、出血巣がみられ、軽度の細胞浸潤がみられるほかは幼若な結合組織としてみられる。歯胚には何ら炎症所見はみられず、広く形成された

Fig. 19 Vitapex
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 21 Vitapex
On the 14th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 20 A magnification of Fig. 19
H.E. Stain $\times 100$

Fig. 22 A magnification of Fig. 21
H.E. Stain $\times 100$

象牙質に接して末石灰化のエナメル質の形成がみられ、その外側には歯小嚢が明瞭である (Fig. 21, 22).

術後1ヵ月

乳歯根管内は根尖に至るまで抜髄されており、根管内には菲薄な根充材の残存がみられる。乳歯根は歯根側、根尖部で一部吸収所見がみられる。根尖部セメント質、象牙質の一部は吸収され根尖直下の歯根膜内に根充材の溢出した所がみられる。充填材周囲の歯根膜内には軽度

の炎症性細胞浸潤と多数の空胞形成が認められる。乳歯根の両側からは後継永久歯歯胚が近接している。エナメル質は末石灰化の状態にあり炎症部位から離れたエナメル質には何ら異常所見はみられないが、根尖歯根膜を一層残して根尖歯根膜の炎症巣に近接した部ではエナメル芽細胞、中間層細胞、外エナメル上皮細胞は扁平化、融合、融解像を示し、細胞の配列が不規則である。外側の歯小嚢の部では空隙として認められる (Fig. 23).

Fig. 23 Vitapex
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 24 Vitapex
On the 2nd month
H.E. Stain $\times 20$

一般にこの時期では乳歯根には根側の外部吸収はなく、根尖部に僅かな吸収がみられる程度である。根尖部直下の歯根膜内には好中球、リンパ球、多形核白血球など炎症性細胞浸潤や大小の空胞形成がみられるが、歯根膜は幼若な結合組織としてみられる。炎症が広範囲になるとエナメル器の細胞に変化を起し、変性、消失などの所見が認められる。

術後2カ月

乳歯は後継永久歯歯胚が近接している部では歯根膜を一層残すのみである。乳歯根は一部歯根膜側から軽度の外部吸収がみられる場合と Fig. 24, 25 に示すよう根尖に至るまで全く吸収所見がみられない場合がある。歯髄は根尖部まで完全に抜髄されている。根尖直下の歯根膜組織には限局して大小の多数の空胞形成が認められ健全な歯根膜はみることができない。しかし周囲には炎症性細胞浸潤は認められない。歯槽骨には何ら炎症所見はみられず歯根膜に面した bundle bone も平坦で、骨壁には骨芽細胞が規則正しい配列を示している。歯根膜腔も一定の幅を保ち、歯根膜線維束も機能的配列を示し、線維芽細胞も密に配列している。歯根側に歯胚が近接している部では歯根膜の一部に空胞形成がみられる。

歯根膜に接した星状網の一部に空胞形成が波及している。炎症所見はみられない。エナメル質は咬頭頂付近では石灰化は十分でエナメル芽細胞、中間層細胞で占められ円柱状あるいは丈の低い細胞が認められる。また立方

Fig. 25 Vitapex
On the 2nd month
H.E. Stain $\times 20$

状の細胞も配列しており、外エナメル上皮に移行しており退化エナメル上皮としてみられる。また立方状の細胞も配列しており外エナメル上皮に移行しており退化エナメル上皮としてみられる。歯頸部に至る部では未石灰化の部分が認められ、低円柱状を呈した細胞によりなっている (Fig. 24)。

歯根側に外部吸収がみられる例では Fig 26 に示すように、セメント質、象牙質吸収部までセメント質様硬組織の添加と歯槽骨の増殖により骨様硬組織の侵入が認められ、そのため歯根膜線維束は離断され配列も不規則となり、吸収細胞の出現や炎症性細胞浸潤が認められる。このように骨性癒着の症例では永久歯の萌出は遅れている。

Fig. 26 Vitapex
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

術後3カ月

この時期になると歯根吸収は進み、永久歯の咬頭頂は歯根側に沿って近接し萌出寸前にあるものの歯根吸収は根尖部より歯根側に向って平等に吸収されるのではなく永久歯の近接している部において吸収の進行速度が速いが他の部位では未だ歯根吸収は遅延している。外部吸収部の歯根膜組織には強い炎症巣がみられ永久歯の近接に伴い吸収組織に置換され、リンパ球、好中球を主とする炎症性細胞浸潤が強く、退化エナメル上皮細胞に波及し、変性を惹起し融解像も認められる (Fig. 27, 28)。

Kri I

術後1週～2週

乳歯歯根膜は一定の幅を保ち歯根膜線維束も規則正しい配列を示している。根尖歯髄は僅かに残存し、その部に好中球の浸潤がみられるが線維成分の豊富な所見を示している。根尖直下の歯根膜にも好中球、マクロファージの出現がみられる。後継永久歯歯胚は外側に扁平な外エナメル上皮細胞が配列し、内側に星状細胞からなるエナメ

Fig. 27 Vitapex
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

Fig. 28 Vitapex
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

ル髓がみられ、さらに高円柱状のエナメル芽細胞との間に一、二層の扁平な細胞の重なった中間層がみられる。エナメル器には何ら異常所見はみられない。(Fig. 29)。

乳歯根は歯槽骨によって囲まれ一定の長さには達しているが、未だ根尖部は開大し未完成の状態にある。根管は根尖に至るまで抜髄され充填材が僅かに散見される。根尖歯根膜ならびに周囲組織は広範囲にわたってリンパ

Fig. 29 Kri I
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

球, 好中球, 形質細胞などの炎症性細胞がびまん性に浸潤している。その外側は炎症性の肉芽組織が認められる。後継永久歯は乳歯根尖に近接しているため乳歯歯根膜の炎症は歯胚にまで及んでおり同部の外エナメル上皮細胞は消失, エナメル髓の星状細胞が僅かに残存している程度である。直下のエナメル芽細胞は一部消失し一部は円柱を示さず不規則な形をとっている。また乳歯根尖

Fig. 31 A magnification of Fig. 30
H.E. Stain $\times 100$

部の一部には吸収細胞がみられ病的吸収が認められる。炎症巣周囲の内エナメル上皮細胞は不定形を呈し, 数層の重なった所見としてみられる (Fig. 30, 31)。

乳歯根は一定の長さに達し, 根尖部はセメント質によって閉鎖されている。根管内の歯髓は完全に抜髄されている。根尖直下の歯根膜は好中球, マクロファージからなる炎症性の肉芽組織の増殖がみられ, その周囲は線維性結合組織によって囲まれている。線維性結合組織内に

Fig. 30 Kri I
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 32 Kri I
On the 14th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 33 A magnification of Fig. 32
H.E. Stain $\times 100$

は多数の空胞がみられる。根尖部セメント質には吸収細胞がみられ吸収所見がみられる。根尖直下の歯槽骨には骨細胞を含む菲薄な新生骨梁の形成が認められる。歯胚には外エナメル上皮細胞の部に萎縮、配列不整がみられるほかは正常像を呈している (Fig. 32, 33)。

術後1カ月

一般にこの時期に至っても乳歯根の根側は歯根膜側からの外部吸収はみられないが、Fig. 34 に示すように根

尖部に後継永久歯歯胚が直接接しその部のセメント質の吸収がみられる例がある。歯胚の接していない部の歯槽骨、歯根膜には何ら著変はみられない。根管歯髄は完全に抜髄されておらず僅かに残髄しているのがみられる。その部では好中球の浸潤と線維芽細胞からなる肉芽組織の所見を呈している。根尖直下の歯根膜は線維芽細胞の増殖がみられ幼若な結合組織所見を呈している。歯胚が乳歯根を圧迫しているためその部のセメント質は吸収され、歯胚についてみるとエナメル芽細胞、中間層細胞、外エナメル芽細胞は扁平化、萎縮を呈している。

Fig. 35, 36 に示しているように乳歯根側の歯根膜、歯槽骨に何ら著変はみられない。根尖部に至ると残髄が

Fig. 35 Kri I
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 34 Kri I
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 36 Kri I
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

みられ根尖直下の歯根膜から周囲組織の広範囲にわたって好中球, リンパ球, マクロファージなどの炎症性細胞浸潤がびまん性に認められる。

直下に存在している歯胚のエナメル芽細胞は配列の乱れがあり, 中間層細胞は肥厚しエナメル髄は消失している。

術後2カ月

乳歯根管歯髄は根尖部に至るまで完全に抜髄されている。歯槽骨を介して後継永久歯歯胚が存在している。歯根側上部においては部分的に Fig. 37, 38 に示すように薄い一層を形成しているセメント質の吸収がみられ, さらに象牙質まで波及しているため象牙質は凹窩を形成している。吸収窩には破骨細胞がみられ, この部の歯根膜には好中球, マクロファージ, リンパ球, 形質細胞などの炎症性細胞浸潤が認められる。歯根膜線維束の配列は不規則となり減少し, 炎症巣周囲の歯根膜には線維芽細胞の増殖が著明である。歯槽骨においても歯根膜に面した炎症巣の部において吸収所見が認められる。

後継永久歯歯胚は咬頭頂から歯頸部付近まではエナメル質の石灰化は十分であるが歯頸部から基底部に至る部分では未石灰化としてエナメル小柱の存在がみられる。乳歯根尖部直下の歯根膜は好中球, マクロファージ, リンパ球, 形質細胞などの炎症性細胞浸潤が波及しているため, 近接した後継永久歯歯胚のエナメル質未石灰化部分においては, 星状網, 外エナメル上皮は破壊され中間層付近まで炎症が波及している。そのためエナメル質の

Fig. 38 Kri I
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

一部に形成不全が認められる。

術後3カ月

乳歯根は根側, 根尖側ともに吸収が著しいものの未だ幅広い歯根象牙質がそのまま残存している所もみられる。乳歯根に隣接して萌出する後継永久歯の咬頭頂は歯頸線上にあり, すでに萌出を開始している (Fig. 39)。永久歯の歯根の発育も進行し, 歯頸部を被覆する口腔粘

Fig. 37 Kri I
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

Fig. 39 Kri I
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

膜上皮の新生がみられ、歯根膜には線維芽細胞が密にみられ新生血管が豊富である (Fig. 40). 歯根膜腔は幅広

Fig. 40 Kri I
On the 3rd month
H. E. Stain $\times 20$

く骨の改造がみられ造骨細胞が豊富である。また一方萌出中にある永久歯の咬頭頂付近のエナメル質は石灰化が完全に行われ白くぬけ、その表面には退化エナメル上皮が認められ、口腔粘膜上皮と癒合するようになる。

乳歯根尖歯根膜から歯槽骨にかけて広範囲な好中球、リンパ球、マクロファージなどの炎症性細胞浸潤がみられ、その外側には線維芽細胞の増殖がみられ幼若な結合組織として認められる。炎症の範囲は退化エナメル上皮にまで及び扁平化ならびに萎縮がみられる。

Neodyne

術後1週～2週

乳歯根は一定の長さに達し、根管歯髄は完全に抜髄され菲薄な充填材の残存が認められる。歯根は歯槽骨によって囲まれその外側には歯小嚢がみられ後継永久歯歯胚が隣接している。歯胚の歯冠部のエナメル質は未石灰化の状態にあり外エナメル上皮細胞が消失している部ではエナメル芽細胞は丈の高い円柱状を呈し、中間層細胞、エナメル髄、外エナメル上皮細胞がみられる部ではエナメル芽細胞は丈の低い立方形を呈している (Fig. 41)。乳歯根尖直下の歯根膜に広範囲にわたってリンパ球、形質細胞を主体とした炎症性細胞浸潤が認められ、歯槽骨周囲にまで及んでいるのがみられる (Fig. 42)。

Fig. 41 Neodyne
On the 7th day
H. E. Stain $\times 20$

Fig. 42 Neodyne
On the 7th day
H. E. Stain $\times 50$

Fig. 43, 44 では乳歯は根尖に至るまで完全に抜髄され僅かに充填材が残存しているのが認められる。根尖歯根膜には幼若な線維性結合組織が著明である。根尖部に後継永久歯歯胚が近接している部を除いては乳歯は歯槽骨によって囲まれ歯根膜も一定の幅を保っている。歯小嚢、エナメル器には何ら異常所見はみられない。

乳歯根尖部周囲歯根膜に好中球、リンパ球などの炎症性細胞浸潤が広範囲にみられる例では炎症巣に連続して外エナメル芽細胞の一部に限局して萎縮がみられ、それに連続してエナメル髄は変性に陥り、エナメル芽細胞は配列不整を示している。

Fig. 43 Neodyne
On the 14th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 44 A magnification of Fig. 43
H.E. Stain $\times 100$

術後1ヵ月

乳歯根は一定の長さには達しているが、根尖部は未完成の状態にある。根管内は完全に抜髄され充填材が残存している。後継永久歯歯胚が近接している部では歯槽骨は大幅に吸収され歯根膜を一層残すのみとなっている。それ以外の歯根膜腔は一定の幅を保って歯槽骨によって囲まれている。根尖部には硬組織様所見を示す一層が認められる。その直下の歯根膜には限局した好中球を主体と

した炎症性細胞浸潤がみられその外側には線維芽細胞の増殖が著明で幼若な結合組織がみられる。

後継永久歯歯胚についてみると、エナメル質は未石灰化の状態にあり、炎症巣の連続した部のエナメル芽細胞の一部に配列不整と萎縮がみられる。また中間層細胞に連続した一部に一層の壁に囲まれた嚢胞状構造物がみられ、中に変性に陥った細胞がみられる (Fig. 45, 46)。

Fig. 45 Neodyne
On the 1st month
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 46 A magnification of Fig. 45
H.E. Stain $\times 100$

術後2カ月

乳歯根の歯根膜腔はほぼ一定の幅を保っているが、根側上部において一部歯槽骨壁の **bundle bone** に新生された骨梁の添加がみられ歯根側のエナメル質と癒合している所見がみられる。その部の歯根膜線維束は不規則で軽度の細胞浸潤がみられる (Fig. 47)。

Fig. 47 Neodyne
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

根管内は完全に抜髄され、充填材が僅かに残存している。根尖部の一部では破歯細胞によるセメント質の吸収がみられる。根尖歯根膜には好中球、リンパ球などの炎症性細胞浸潤がみられる。またその部には重層扁平上皮で囲まれた嚢胞がみられ内部には好中球が多数みられ、上皮の外側は線維性結合組織の一層が取りまいている (Fig. 48)。

根尖直下の歯根膜から歯槽骨には広範囲にわたって壊死層がみられ、その周囲には好中球、リンパ球などの炎症性細胞浸潤が認められる。歯槽骨は一部吸収、消失している。炎症巣に近接した部の後継永久歯歯胚はエナメル小柱を一部残すのみでエナメル芽細胞、中間層細胞、エナメル髄はすべて消失している (Fig. 49)。

術後3カ月

根管内は完全に抜髄がなされ充填材が僅かに残存している。乳歯根側の象牙質はまだ厚く吸収の所見はみられない。

根側のセメント質、象牙質は部分的に吸収されている。歯根膜には好中球、リンパ球、マクロファージなど

Fig. 48 Neodyne
On the 2nd month
H.E. Stain ×20

Fig. 49 Neodyne
On the 2nd day
H.E. Stain ×20

がみられる。吸収部には多数の吸収細胞もみられる。また歯槽骨は部分的に新生添加が行われセメント質との組織癒合が行われており、骨性癒着の所見を呈している (Fig. 50, 51)。この時期に至っても乳歯根側の吸収の伸展がないため永久歯の萌出が大きく阻害されている。

根尖歯根膜にはリンパ球、好中球などの炎症性細胞浸潤がみられる。その外側には線維芽細胞の増殖がみられ

Fig. 50 Neodyne
On the 3rd month
H.E. Stain $\times 100$

Fig. 51 A magnification of Fig. 50
H.E. Stain $\times 100$

幼若な結合組織所見としてみられる。

後継永久歯歯胚のエナメル質は咬頭頂から歯頸部に至るまで完全に石灰化が行われ乳歯根に近接して発育中である。しかしまだ歯肉上皮に被覆された状態を示している。乳歯根側の吸収がみられないためその部の歯根膜ならびに歯槽骨も残存している。永久歯歯胚を被覆する退化エナメル上皮の外側は線維性結合組織がみられ、それに接した乳歯根側の歯根膜はほとんど消失しその部はリ

ンパ球, 好中球の浸潤が著明である, 炎症巣に近接した部の退化エナメル上皮には空胞化, 無構造化, 消失などがみられる (Fig. 52). 永久歯は萌出遅延の状態を呈している。

Fig. 52 Neodyne
On the 3rd month
H.E. Stain $\times 20$

FR

術後1週～2週

乳歯根管内は根尖に至るまで抜髄されている。しかし

Fig. 53 FR
On the 7th day
H.E. Stain $\times 20$

Fig. 54 FR
On the 7th day
H.E. Stain ×20

Fig. 55 FR
On the 14th day
H.E. Stain ×50

充填材の残存がみられる。乳歯の歯根膜線維束は規則正しい配列を示している。根尖側の後継永久歯歯胚の近接部において歯槽骨は消失し歯根膜を一層残すのみとなっている。一般に永久歯歯胚には何ら異常はみられない (Fig. 53, 54)。Fig. 55に示すようにエナメル芽細胞、外エナメル上皮細胞は正常像を保っている。

術後1カ月

乳歯の根尖部に後継永久歯歯胚が近接した所では歯根膜を一層残すのみで歯槽骨は吸収し、それ以外では乳歯は歯槽骨によって囲まれている。根尖部はヘマトキシリンに濃染した硬組織様所見がみられる。

根尖歯根膜には限局した軽度の細胞浸潤がみられるが大部分は線維性結合組織としてみられる。歯胚のエナメル質は未石灰化の状態にありエナメル芽細胞の配列が一部不規則な所もみられ、歯小囊にも軽度の細胞浸潤がみられる (Fig. 56)。

Fig. 56 FR
On the 1st month
H.E. Stain ×20

充填材料が根尖歯根膜を通して歯槽骨まで溢出した例では充填材周囲に好中球、マクロファージなどの炎症性細胞浸潤がみられ、線維芽細胞などの豊富な所見がみられる。

炎症巣に近接した部の後継永久歯歯胚のエナメル芽細胞は配列が不規則で粗となり萎縮所見が強く中間層細胞にも空胞変性がみられる (Fig. 57)。

術後2カ月

根管内は根尖部に至るまで完全に抜髄されている。乳歯根は歯根側において一部歯根膜側からの外部吸収がみられ軽度の細胞浸潤がみられる。歯根膜に面した bundle bone も軽度の吸収所見がみられる。根尖部歯根膜には好中球、リンパ球などの限局した炎症性細胞浸潤がみられ、線維芽細胞も豊富である。

根尖部に近接した後継永久歯歯胚のエナメル芽細胞、中間層細胞の配列は不規則でエナメル髄は消失してい

Fig. 57 FR
On the 1st month
H.E. Stain ×20

Fig. 59 FR
On the 2nd month
H.E. Stain ×50

る。エナメル小柱の走向は不規則で疎な部分も認められる (Fig. 58, 59)。

術後3カ月

根管には充填材の残存が認められる。乳歯根は根側および根尖側よりの吸収が著明である。とくに永久歯歯胚の萌出に伴って近接した部の歯根象牙質は外部吸収が著明で吸収面には破歯細胞が一行に並んで認められる。

その外側の歯根膜組織は完全に線維性結合組織、いわゆる吸収性肉芽組織によって置換されている。

後継永久歯歯胚の咬頭頂は萌出に伴い歯頸線上にあり歯冠部エナメル質はすべて石灰化が十分行われ、表層部は退化エナメル上皮として認められ、一部歯根象牙質が完全に吸収され、充填材と退化エナメル上皮が接した部分において上皮は壊死に陥った部も認められる (Fig. 60~62)。

Fig. 58 FR
On the 2nd month
H.E. Stain ×50

Fig. 60 FR
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

Fig. 61 FR
On the 3rd month
H.E. Stain ×20

Fig. 62 FR
On the 3rd month
H.E. Stain ×50

考 察

歯科材料の安全性の評価について、FDI, ISO, ADAによって生物学的評価基準が提唱されている。本研究に用いている歯内療法材料である根管充填材料もその一つである、

根管充填に関する研究は、Barker ら (1972)⁶⁾,

Starkey (1973)⁷⁾, Coolidge (1932)⁸⁾, Rabinowitch (1953)⁹⁾ などみられるが多くの報告は永久歯のものである。乳歯根管充填に関する病理組織学的研究としては、大出(1976)¹⁰⁾, 松尾 (1984)¹¹⁾, 木村ら (1986)⁵⁾ らの報告がある。

同一条件下で各種乳歯根管充填材料が歯根膜および後継永久歯歯胚に及ぼす影響を病理組織学的に検索したものは比較的少ない。

I. 歯根膜の変化について

Calvital の例についてみると松尾 (1984)¹¹⁾, は幼犬の第2, 第3乳臼歯を用い病理組織学的検索において、ほとんど炎症性変化を認めることなく、根尖孔外に薬剤を溢出させた場合でも歯根膜には限局した炎症性細胞浸潤が認められるが軽度であったと述べている。また長期にわたれば、炎症は消退し治癒機転をとると報告している。水野 (1969)¹²⁾ は各種根管充填剤の創傷治癒に関して、限局性の変性壊死を認めたが、6カ月後は治癒良好な傾向を示したと述べ、渋谷 (1980)¹³⁾ は実験的に根尖病巣を形成させ根管充填後化膿の程度は劣っていると述べ、品川 (1980)¹⁴⁾ は Apexification に関して根尖部にセメント質様硬組織の形成を実証している。本研究では炎症所見はほとんどみることなく、歯根膜に充填材が溢出している場合壊死組織の形成を認めている。このことは松尾 (1984)¹¹⁾, 片岡 (1971)¹⁵⁾ の報告からも実証できる。すなわち、細胞毒性試験において、細胞の増殖にかなり顕著な抑制を示すが、培養後半において増殖性は対照群のそれよりも活性化し、時間の経過による毒性の低下を示唆している。

Vitapex については、成分中にもみられるように組織滲出液の抑制や防腐作用を目的とし消毒作用として体液や分泌液に溶解することにより、ヨウ素を解離すると報告されている。松尾 (1984)¹¹⁾ は全例において根尖歯根膜に空胞形成をみ、炎症性変化は軽度であり、とくに網様萎縮を引き起こすほどの所見はみられず空胞の周囲にもリンパ球、組織球などの炎症性細胞浸潤も少なかったと報告している。また細胞毒性試験においても出現が少ないと報告している。

水野 (1969)¹²⁾ はヨードホルムを蒸留水で練った場合は息肉形成が認められたとし、川上ら (1979)¹⁶⁾ はラットの皮下組織を用いて、Vitapex 周囲に肉芽組織が形成されるが、壊死組織はみられず、炎症性反応も軽度であり、肉芽組織には組織球が多数含まれ、それが水酸化カルシウムを貪食すると報告している。

本研究では、炎症性細胞浸潤と空胞形成がみられた。

また歯根側では、セメント質に歯槽骨の新生添加がみられ組織癒合がみられ骨性癒着を示す所見もみられた。

Kri I についてみると、ヨードホルム製剤は **Walkoff** (1960)¹⁷⁾ の報告にみられるように古くから用いられ、臨床に広く応用されている。**Kri I** は、主成分がヨードホルムであるため、一般的には感染根管治療における根尖病巣の症例においては比較的良好な成績をおさめていることは周知の通りである。根尖病巣のある場合には根尖孔外に溢出させた方が良好な成績が得られたとする報告もあり、**Castagnola** (1950)¹⁸⁾ は歯根肉芽腫、歯根嚢胞の例では良い結果が得られると述べている。しかし、本研究にもみられるように非感染根管における歯根膜の作用についてはヨードホルムが歯根膜組織に炎症を惹起することは森田 (1935)¹⁹⁾、花沢ら (1937)²⁰⁾ の報告と一致している。

木村ら (1986)⁵⁾ の報告によると歯根膜に対しては炎症所見がみられるため、根尖孔外に溢出はさせない方が得策であると述べている。本研究でも木村ら (1986)⁵⁾ とほぼ同様な結果を得ている。吉田ら (1968)²¹⁾ は **Kri I** を皮下組織に埋入した実験において5週目位に至ると、炎症性変化は消失し、糊剤はほとんど肉芽組織により置換吸収されると述べている。

Neodyne に関しては、主成分が酸化亜鉛ユージノールで、粉末は酸化亜鉛60.0%、水酸化カルシウム15.0%、ロジン25.0%を含有している。液は100%ユージノールである。**Barker** (1972)⁶⁾ は犬の永久歯を用いて酸化亜鉛ユージノールで根管充填を行い骨性癒着を認めている。大出 (1976)¹⁰⁾ も同様な所見を得ている。

Coolidge (1932)⁸⁾ はユージノールの組織反応をみ、松尾 (1984)¹¹⁾ は動物実験により、大出 (1976)¹⁰⁾ とほぼ同様な所見を認め歯根膜に膿瘍の形成を認めている。

大出 (1976)¹⁰⁾ は根尖部周囲組織に著明な炎症性変化を認め、根管充填剤が根尖より溢出した場合は膿瘍の形成や歯槽骨の吸収も認めたと述べている。**Barker** (1972)⁶⁾ らは犬の下顎小白歯に酸化亜鉛と **gutta percha** による根管充填を行った結果、根尖部歯根膜の炎症性反応は即時根充や過剰根充の場合一時的なものであり、線維性結合組織による治癒が行われると述べている。木村ら (1986)⁵⁾ は歯根膜に直接作用させると強い炎症性反応を惹起するが、根尖部のセメント質を介しておれば炎症性反応は軽度であると述べている。水野 (1969)¹²⁾ は線維化の治癒傾向を認め刺激性の少ないものであると述べている。しかし松尾 (1984)¹¹⁾、**Mjör** ら (1977)²²⁾、**Pettersen** ら (1977)²³⁾ らは細胞毒性試験において高い

毒性を有すると述べている。本研究では、乳歯根尖部の周囲歯根膜に好中球、リンパ球などの炎症性細胞浸潤がみられ、歯槽骨にまで炎症の波及している例もみられた。また歯根側のセメント質は吸収され歯槽骨の新生添加により組織癒合が行われ骨性癒着の所見が認められる。骨性癒着に関する報告としては、**Euler Meyer** (1927)²⁴⁾ はセメント質、歯槽骨の両方に骨添加が起こるか、セメント質か歯槽骨の一方に骨添加がみられ骨性癒着が起こるとし、**Römer** (1928)²⁵⁾ は炎症あるいは外傷により歯根側のセメント質が吸収し、その歯槽骨面に骨の添加がみられ、歯根に **contact** することによって癒着が起こると述べ、**Kronfeld** ら (1940)²⁶⁾ は外傷により歯根膜に炎症が起こり、二次的変化として起こるとし、**Beiderman** (1962)²⁷⁾ は咬合圧、外傷、遺伝、代謝異常説をとり、**Pindborg** (1970)²⁸⁾ は外傷、再植、移植の場合であるとさまざまな報告がみられるが、これらは永久歯のもので乳歯による報告はほとんどない。そこで本研究についての骨性癒着との関連性をみると、①充填材の刺激が象牙細管に伝わる、②セメント質を通してさらに歯根膜に炎症を惹起、③長期間慢性の持続性の刺激により吸収細胞の出現がみられる。④吸収細胞の出現はセメント質あるいはそれに面した歯槽骨に惹起される。⑤歯槽骨は新生添加が旺盛となりセメント質内に伸展し組織癒合を起こす。他方、歯根吸収時期と充填材の刺激が同時に歯根膜に現われた結果であることも無視することは出来ない。榎 (1943)²⁹⁾ の報告による乳歯交換期にみられる吸収と添加の異常により起こる説とは全く異っている。**Pindborg** (1970)²⁸⁾ が述べている後継永久歯の存在に関係なく惹起するという説とはこの部分では一致性をみる。大出 (1976)¹⁰⁾ は抜髄、機械的刺激、化学的刺激により歯根膜に炎症、壊死、変性が起こり肉芽組織の増殖により骨芽細胞の一部出現により新生骨の形成によつ癒着を起こすと述べている。さらに骨性癒着を起こすことにより臨床的には後継永久歯の萌出遅延は本研究でも認められた。しかし榎 (1943)²⁹⁾、坂井ら (1975)³⁰⁾ の報告にみられる低位乳臼歯との関連性については本研究では明らかではない。**FR** は木村ら (1986)⁵⁾ の報告によると根尖直下の歯根膜に直接作用すると、限局した好中球を主体とする炎症性細胞浸潤が認められると述べている。本研究についても木村ら (1986)⁵⁾ の報告と一致性をみる。**FR** は高橋 (1956)³¹⁾ が発表したものでグアヤコールとホルムアルデヒドの縮合物である。竹中ら (1980)³²⁾ は **FR** の消毒効果について **Staphylococcus aureus** に対する発育阻止作用を検討し、**CC** と同程度かそれよりや

や弱いと述べている。しかし他の根管充填材に比べはるかに低いと報告し、一方では組織親和性から考えると治癒機転に関してはむしろよいと述べている。木村 (1978)³³⁾ は FR を用いて加圧根管充填法を行い、FR のもつ Ca^{++} イオン交換作用や持続性の抗菌性、歯根膜に対する治癒促進作用を有し、感染根管治療に対しても満足のいく結果が得られると報告している。高橋ら (1968)³⁴⁾ は成熟マウスの背部皮下結合組織内に FR を注入し組織学的に検索を行い、薬剤に接した部には炎症性細胞浸潤、壊死層がみられるが、肉芽組織の活発な所見があると述べている。Guttuso (1963)³⁵⁾ は生体反応は材料の刺激によって修復するか壊死に陥ると述べ、鈴木 (1966)³⁶⁾ は FC をウサギの皮下に埋入し樹脂状物の形成をみていることから FR はフェノール系化合物でもグアヤコールとホルマリンの縮合物であることから刺激は減弱されていることが考えられる。

Ⅱ. 乳歯の歯根吸収について

乳歯の歯根吸収を述べるとき、歯髓が生活していることにより、生理的に自然に吸収現象が行われていることはいうまでもなく歯髓が重要な役割を演じている。

一般に歯根の吸収現象は、歯髓側よりの内部吸収と歯根膜からの外部吸収により均衡を保って歯根の吸収が行われている。本研究のように歯髓を完全に除去すれば外部吸収と永久歯歯胚の萌出力により主に歯根の吸収が期待される。このことは高橋 (1936)³⁷⁾ の報告と一致性をみる。しかし一方では歯髓は根の吸収に関与していないという Krontfeld (1932)³⁸⁾、Sicherら (1962)³⁹⁾ らの報告もみられる。

本研究でみられるように対照群で述べているように歯髓内の吸収は髓角部付近にまで及んでおり、内部吸収と外部吸収がバランスをとりながら、歯根象牙質の吸収に関与していることは明らかである。Mjör (1973)⁴⁰⁾ は乳歯歯髓の壊死や根尖周囲の炎症は吸収を停止させると述べ、須賀 (1971)⁴¹⁾ は破骨細胞の酵素の活性度が強く、それが障害を受けると歯根の吸収にも影響があると述べている。そこで充填材の影響により、歯根膜に炎症を惹起すると正常な外部吸収に比べ、歯根膜側からの外部吸収に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。また本研究でみられるように Vitapex, Neodyne の例では骨性癒着の所見がみられることから当然歯根吸収の遅延がみられるとともに、後継永久歯歯胚の萌出遅延が認められる。

Ⅲ. 後継永久歯歯胚の変化について

乳歯の歯髓処置後、歯根膜及び後継永久歯歯胚に障害

を起こすことがある。Lartschneider (1909)⁴²⁾ は永久歯のエナメル質の形成異常には乳歯の根尖病巣によるものがあると報告して以来、臨床および病理組織学的に Turner (1912)⁴³⁾、Siegmond und Weber (1926)⁴⁴⁾、Bauer (1932)⁴⁵⁾、Morningstar (1937)⁴⁶⁾、Halsら (1958)⁴⁷⁾ らの報告がみられる。我国においては太塚 (1954)⁴⁸⁾、熊本 (1960)⁴⁹⁾、松本ら (1977)⁵⁰⁾ らによって根尖病巣を作り、後継永久歯のエナメル質に減形成が起こると述べている。松尾 (1984)¹¹⁾ は幼犬の実験的研究において、根尖孔外に多量の充填材を溢出させないかぎり後継永久歯歯胚の器質的变化はみられなかったと報告している。大出 (1976)¹⁰⁾ は炎症病巣に近接した部分に、エナメル器に限局して変化が起っていると述べている。

本研究についてみると、Calvital の例では充填材が完全に抜髄された根尖部まで到達している例についても、根尖孔外に溢出している例でも、エナメル器には何ら異常所見がみられないことを実証している。

次に Vitapex の例についてみると、根尖孔外に充填材が溢出した例では歯根膜に炎症所見がみられ、炎症巣に近接した部のエナメル器にはエナメル芽細胞に扁平化、萎縮、融解像を認めている。抜髄が完全になされ充填材が根尖部までスムーズに到達している例ではエナメル器には何ら異常所見はみられない。3カ月経過例において、エナメル質は十分石灰化が行われている例で退化エナメル上皮に炎症が波及しているのが認められるが、エナメル質はすでに形成を完了していると思われ、炎症による二次的变化がエナメル質に障害を与えているとは思わない。

Kri I の例については、一般に炎症性細胞浸潤がみられ、比較的エナメル器には著明な変化がみられ、エナメル質形成不全歯も認められる。またすでに退縮を始めている退化エナメル上皮に炎症が波及し、萎縮、扁平化がみられる。歯根膜を通した局所の炎症があることからターナー歯も十分考えられる。

本研究を通して永久歯歯胚の影響を観察してみると、とくに充填材による化学的刺激が大きく作用するが、とくにエナメル器周囲のすべての細胞、歯小嚢は外来刺激に対して強い抵抗性をもっていると考えられる。

充填材により乳歯の根尖部に炎症があると永久歯歯胚に障害を起こすことは実証された。とくに臨床においては乳臼歯は最もう蝕にかかりやすく、進行性であるため、歯根膜炎を惹起しやすく小臼歯歯胚は木村ら (1986)⁵⁾ の報告にもあるように、ターナー歯の発現が考えられる。

以上のことから乳歯の根管充填材は歯根吸収時、未成歯においては充填材を直接歯根膜に作用させないように注意を払うことが必要であり、根尖孔外の充填材への溢出は、永久歯歯胚に影響を与えることは事実であり、極力さける事が必要で、実際に実験を通じて、松尾 (1984)¹¹⁾ の報告にもあるように一致性をみる。ただし本研究はあくまでも正常歯根膜に対する影響であり、感染による歯根膜の炎症時の充填に関しては今後の検討の余地があると思われる。

Neodyne の例では根尖部歯根膜に炎症所見がみられ、近接した外エナメル芽細胞に限局した萎縮がみられ、エナメル髄は変性に陥り、エナメル芽細胞は配列不整を呈すものから消失したものまで認められた。またエナメル質がすでに形成を完了した退化エナメル上皮の部、いわゆる退縮を始めている例に炎症巣が波及し、空胞化、無構造化、消失などを認めている。大出 (1976)¹⁰⁾ は同じ成分をもつ充填材において、炎症性的変化に伴い永久歯歯胚のエナメル器の細胞は配列不整、萎縮に陥っていると述べている。木村ら (1986)⁵⁾ は **Neodyne** について歯根膜に直接作用させると強い炎症性反応を示すが、充填材が根尖部でおさまっていると炎症は軽度で、後継永久歯に及ぼす影響は少ないと述べている。

FR については、充填材が歯根膜を通して歯槽骨まで炎症が波及した例において近接したエナメル芽細胞に配列不整、萎縮所見がみられ、中間層細胞に空胞変性を認めている。またエナメル質がすでに形成を完了した退化エナメル上皮の部に疎な結合組織内に残存した充填材が接触し退縮した上皮が壊死に陥った例を認めている。木村ら (1986)⁵⁾ は刺激性は少なく、永久歯歯胚に及ぶ障害はほとんどないと述べている。

Ⅳ. 永久歯の萌出について

本研究では対照群においては乳歯根の吸収に続いて永久歯の萌出がスムーズに行われている。術後3カ月経過例では乳歯根の吸収において歯髄腔の内部吸収は、髄角部付近に至るまでみられ、後継永久歯の咬頭頂は歯頸線上にあり、エナメル質の石灰化は完了し、退化エナメル上皮は歯の萌出によって口腔上皮と癒合している。また歯根膜の新生が認められ、結合組織内に骨梁の活発な発育が行われている。**Massler** ら (1941)⁵¹⁾ は歯の萌出の因子について、歯根象牙質の発育、歯髄、歯根膜内の血管の作用、細胞の増殖、歯槽骨の吸収、歯槽突起の作用などを挙げている。**Ten Cate** (1969)⁵²⁾ は歯根の発育 (ヘルトウィッヒ上皮鞘の発育その他)、骨の発育、歯胚と歯槽骨に介在する結合組織変化について述べている。

本研究のように実験群においては根尖部歯根膜に炎症を惹起する充填材がエナメル器の細胞に明らかに障害を与えているのは事実であり、歯根膜に惹起された炎症性変化、乳歯根の吸収の遅延、周囲歯槽骨の吸収状態は **Vitapex**, **Neodyne** の例で認められた。骨性癒着などが関連して対照群に比べて実験群は永久歯の萌出遅延が認められた。このように歯髄を完全に除去し、外部の吸収のみの歯根の吸収と充填材の影響による萌出遅延は明らかである。とくに歯根膜、エナメル器を含む炎症性変化が大きな障害となっていると考えられる。すべての症例において永久歯の歯根の発育と形成には充填材による影響は何ら認めていない。障害を受けていない歯胚の萌出のみについて考えるならば、**Krontfeld** (1932)³⁸⁾ は歯胚の根尖歯槽骨に骨梁の形成をみ、上方に発育することによると述べ、**Ness** (1967)⁵³⁾ は歯根膜に存在する線維芽細胞の収縮によると報告し、**Main** ら (1966)⁵⁴⁾ は歯胚と歯槽骨の間に介在する結合組織によるとし、**Thomas** (1967)⁵⁵⁾ はコラーゲン線維の成熟によるもので物理的力が加わることにより、歯牙の萌出が行われるとするさまざまな報告がみられる。このような流れの中で先にも述べたように本研究に関して永久歯の萌出を考察すれば、抜髄から根管充填に至る機械的刺激、化学的刺激の影響により乳歯を取りまく細胞と周囲組織の変化、さらにエナメル器を中心とする炎症性変化が周囲組織に大なり小なり影響を及ぼしていることから萌出遅延を惹起したと考えられる。そこで臨床に用いる根管充填材がいかに歯内療法にとって重要な役割を演じているか実証できるとともに生体の一部の組織の安全性の評価にも関連するものである。

結 論

乳歯根管充填材料 **Calvital**, **Vitapex**, **Kri I**, **Neodyne** および **FR** を用いて、乳歯歯根膜および後継永久歯歯胚に及ぼす影響を生後3カ月前後の幼犬を用いて病理組織学的に検索を行った結果、次のような結論を得た。

1. **Calvital** の例では乳歯の根尖歯根膜にほとんど炎症性変化を認めないが、**Vitapex**, **Kri I**, **Neodyne** および **FR** は炎症性変化を惹起する。
2. 乳歯根の吸収所見は対照群に比べ根管充填を施した全例において遅延が認められた。**Vitapex** および **Neodyne** の例では乳歯根と歯槽骨の骨性癒着が認められた。
3. 後継永久歯歯胚の変化は、**Calvital** の例ではエ

ナメル器細胞に変化は認められない。Vitapex, FR の例では、充填材が溢出した場合にエナメル器細胞に扁平化、融合、融解像、配列不整、萎縮などが認められた。Kri I の例ではエナメル器細胞は扁平化、萎縮がみられる。Neodyne の例では、エナメル器細胞の配列不整、萎縮が認められる。

4. 永久歯の萌出については、対照群に比べて歯根膜に惹起された炎症性変化、乳歯根の吸収遅延、エナメル器細胞の変化などにより、永久歯の萌出遅延が認められた。

5. Vitapex, Neodyne の例ではとくに骨性癒着が認められ永久歯の萌出に障害が認められた。

6. 歯根膜および後継永久歯歯胚のエナメル器細胞に及ぼす影響は Calvital, FR, Vitapex, Kri I, Neodyne の順であった。

odyne の順であった。

7. 非感染根管治療における乳歯根管充填材料は、乳歯根未完成歯への応用や、根尖孔からの溢出は歯根膜および後継永久歯歯胚に与える影響が大きい。

稿を終わるにあたり、終始御懇切なる御指導と御校閲を賜った木村光孝教授に深甚なる感謝の意を捧げます。また御助言と御教示を賜った九州歯科大学前学長上野正康教授に厚く御礼申し上げます。あわせて、種々の御協力を戴きました九州歯科大学小児歯科学教室員各位に感謝致します。

本論文の要旨は昭和61年9月7日(日)、第34回九州学校保健学会において発表した。

引用文献

- 1) Stanford, J.W. : Recommended standard practices for biological evaluation of dental materials. *Int. Dent. J.* 30 : 140—188, 1980.
- 2) Working group 5 of the FDI Commission on Dental Products : Biological evaluation of dental materials. ISO Technical Report 7405. ,1983.
- 3) Stanley, H.R. (Chairman) : American national standards institute/American Dental Association document No.41 for biological evaluation of dental materials. *J. Am. Dent. Assoc.* 99 : 697—698, 1979.
- 4) 佐藤温重 : 歯科材料の製造の承認申請に必要な安全性試験項目案の作成、歯科材料の安全性評価法の確立に関する研究。昭和59年度厚生科学研究費補助金研究成果報告書。1—7, 1985.
- 5) 木村光孝・内上堀征人・森高久恵・鬼塚一徳 : 乳歯根管充填材料に関する研究。一特に歯根膜並びに後継永久歯歯胚に及ぼす影響一、歯科材料の安全性評価法の確立に関する研究。昭和60年厚生科学研究費補助金(特別研究事業)研究成果報告書。41—50, 1986.
- 6) Barker, B.C.W. and Lockett, B.C. : Reaction of dog tissue to immediate root filling with zinc oxide cement and gutta percha. *Aust. Dent. J.* 17 : 1—8, 1972.
- 7) Starkey, P.E. : Pulpectomy and Root Canal Filling in a Primary Molar. Report of a Case. *J. Dent. Child.* 40 : 209—212, 1973.
- 8) Coolidge, W. : Reaction of dog tissue to drugs used in root canal treatment. *J. Amer. Dent. Assoc.* 16 : 747—759, 1932.
- 9) Rabinowitch, B.Z. : Pulp management in primary teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.* 6 : 542—550, 1953.
- 10) 大出幸幸 : 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.
- 11) 松尾和廣 : 乳歯根管充填に関する実験的研究。九州歯会誌 38 : 241—268, 1984.
- 12) 水野正敏 : 各種根管充填剤の創傷治癒におよぼす影響について(根管模型実験)。日保歯誌 12 : 58—77, 1969.
- 13) 渋谷俊之 : 根管充填用パスタの改良に関する実験病理学的研究。歯科学報 80 : 417—446, 1980.
- 14) 品川光春 : 歯根未完成歯の根尖閉鎖に関する実験的研究。九州歯会誌 34 : 355—376, 1980.

- 15) 片岡寿平：各種根充剤の組織刺激量に関する実験的研究 (in vitro). 歯科医学 34: 961—976, 1971.
- 16) 川上敏行・中村干仁・林 俊子・林 重夫：ヨードホルム・水酸化カルシウムパスタ (糊剤根管充填材ビタペックス) の組織埋入に関する実験的研究. 第1報 病理組織学的検索. 松本歯学 5: 35—44, 1979.
- 17) Walkoff-Hess: *Lehrbuch der Konservieren-den Zahnheilkunde*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1960.
- 18) Castagnola, L.: 1000 Faele von Gangraenbehandlung nach der Walkoffschen Methode aus dem statistischen Material. Ihre Resultate in Klinischen, roentgenologischer und bakteriologische Hinsicht. *Schweiz. Mschr. Zahnheilk.* 60: 1033—1076, 1950.
- 19) 森田貞雄：歯牙保存療法の実験的研究, IV 根管治療, ②グッタペルカポイント・クロロパーチャー併用及び沃度フォルム糊剤根管充填後に於ける歯牙周囲組織の変化. 日本歯科学会雑誌 28: 859, 1935.
- 20) 花沢 鼎・近藤三郎・松宮誠一・関根永滋・松井隆弘：種々なる根管充填に関する実験的研究 (第一回報告). 歯科学報 42: 481—495, 561—584, 662—686, 1937.
- 21) 吉田定宏・窪田隆一・加登順子・祖父江鎮雄・古布 明・鶴田昭雄・邑上 建・石田鐵男・西野瑞穂・西田百代：主として乳歯根管充填剤として用いたヨードホルム系糊剤 Kri I の臨床成績. 小児歯誌 6: 21—27, 1968.
- 22) Mjör, I.A., Pettersen, A.H. and Skogedal, O.: Biologic evaluation of filling materials. A comparison of results using cell culture techniques, implantation tests and pulp studies. *J. Int. Dent.* 27: 124—129, 1977.
- 23) Pettersen, A.H. and Helgeland, K.: Evaluation of biologic effect of dental materials using four different cell culture technique. *Scand. J. Dent. Res.* 85: 291—296, 1977.
- 24) Euler Meyer: *Pathohistologie der Zähne J.F.*, Bergermann, München, 1927.
- 25) Römer, O.: 2. Verdauungsschlauch. In: *Die Pathologie der Zähne. Handbuch spez. path. Anat. u. Histol.* IV, Julius Springer, Berlin, 1928.
- 26) Kronfeld, R. and Weinmann, J.: Traumatic changes in the periodontal tissues of deciduous teeth. *J. Dent. Res.* 19: 441—454, 1940.
- 27) Beiderman, W.: Etiology and treatment of tooth ankylosis. *Am. J. Orthodontics.* 48: 670—684, 1962.
- 28) Pindborg, J.J.: *Pathology of the Dental Hard Tissues*, Munksgaard, Copenhagen, 1970, 362—365.
- 29) 榎 恵：低位乳臼歯と埋伏乳臼歯. 日矯歯誌 11: 22—28, 1943.
- 30) 坂井正彦・平山コズエ・伊藤憲春・柏木朗男・小早川幸雄：経年的観察をおこなった低位乳臼歯の1症例. 歯学 63: 184—190, 1975.
- 31) 高橋忠一：グアヤコール・フォルムアルデヒド・レジンの歯科応用に関する実験的研究 (その1) (その2). 歯学 43: 34—68, 1956.
- 32) 竹中栄子・小野弘子・吉岡伴子・黒木賀代子：根管治療剤 FR と各種根管充填剤の消毒作用の比較検討. 村上研究所報 5: 1—5, 1980.
- 33) 木村光孝：FR を用いた加圧根管充填法. 歯科ジャーナル 7: 570—574, 1978.
- 34) 高橋忠一・林 俊郎：各種生活歯髄覆罩剤, 並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1報). 歯学 56: 249—264, 1968.
- 35) Guttuso, J.: Histopathologic study of rat connective tissue responses to endodontic materials. *Oral Surg.* 16: 713—727, 1963.
- 36) 鈴木賢策：根管充填に関する二, 三の問題. 歯界展望 22: 882—884, 1966.
- 37) 高橋新次郎：歯牙交換の研究. 口病誌 10: 1—35, 140—155, 1936.

- 38) Krontfeld, R. : The resorption of the roots of deciduous teeth. *Dent. Cosmos*. **74** : 103—120, 1932.
- 39) Sicher, H. and Bhaskar, S. : *Orban's Oral histology and Embryology*, 5th ed., C.V. Mosby Co., St. Louis, 1962, 316—329.
- 40) Mjör, I.A. : 人の歯の組織学 (久米川正好, 他訳). 書林, 東京, 1973, 165—181.
- 41) 須賀昭一 : 歯牙交換の組織化学. 歯界展望 **38** : 9—20, 1971.
- 42) Lartschneider : Zweizeilige Oberkieferzyste entstanden durch zystische Entortung der beiden linken Backe Zahnfollikel, Österreichischen garische Vierteljahrschrift *Fur Zahnheilkunde*. **25** : 230, 1909.
- 43) Turner, J.G. : Two cases of hypoplasia enamel. *Brit. Dent. Sci.* **55** : 227—228, 1912.
- 44) Siegmund, H. und Weber, R. : *Pathologische Histologie der Mundhöhle*. Leipzig, 1926.
- 45) Bauer, W. : Über die Entsehung der sogenannten "Turnerzähne". *Z. Stomat.* **33** : 1090—1096, 1932.
- 46) Morningstar, C. : Effect of infection of the deciduous molar on the permanent tooth germ. *J. Amer. Dent. Assoc.* **24** : 786—791, 1937.
- 47) Hals, E. and Orlow, M. : Turner teeth. *Odont. T.* **66** : 199—212, 1958.
- 48) 大塚豊美 : 乳歯の実験的根端性歯牙支持組織炎が永久歯歯牙に及ぼす影響に関する知見補遺 (その一). 歯科学報 **54** : 1—10, 63—71, 1954.
- 49) 熊本恵迪 : 乳歯根端部の炎症が永久歯歯牙の発育に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯科学報 **60** : 27—45, 689—704, 1960.
- 50) 松本光吉・首藤 実・原田美恵子・柏木末男・永沢 亘 : 乳歯根尖病巣が根尖部, 根尖歯周組織, 後続永久歯歯胚に及ぼす影響に関する実験病理組織学的研究. 小児歯誌 **15** : 46—51, 1977.
- 51) Massler, M. and Schour, I. : Studies in tooth development : Theories of eruption. *Amer. J. Orthodont and Oral Surg.* **27** : 552—576, 1941.
- 52) Ten Cate, A.R. : Mechanism of tooth eruptin. In *Biology of the periodontium* (Melcher, A. H. and Bowen, W.H.). Academic Press, London and New York, 1969, 91—103.
- 53) Ness, A.R. : in "The Mechanisms of Tooth Support" (ed. by Anderson, D.J., Eastoe, J.E., Melcher, A.H. and Picton, D.C.A.). J. Wright and Sons Ltd. Bristol., England, 84—88, 1967.
- 54) Main, J.H.P and Adams, D. : Experiments on the rat incisor tee cellular proliferation and blood pressure theories of tooth eruption, *Archs. Oral. Biol.* **11** : 163—178, 1966.
- 55) Thomas, N.R. : *The propeties of collagen in the periodontium of an erupting tooth in the mechanisms of tooth support*. J.Wright and Sons. Bristol.. 1967, 102—106.