

放射性 同位元素 磷(^{32}P)의 象牙質內 浸透度에 關한 實驗的 研究*

서울대학교 大學院 齒醫學科 保存學 專攻
(指導 金 洙 哲 教授)

咸 鍾 大

AN EXPERIMENTAL STUDY OF RADIOACTIVE PHOSPHORUS(^{32}P) PERMEABILITY IN DENTIN

Jhon9 Dai Hahm, D.D.S., M.S.D.

Dept. of Operative Dentistry, Graduate School, Seoul National University.

(Directed by Prof. Soo Chul Kim, D.D.S., Ph.D.)

..... > Abstract <

After class V cavities were prepared in dentin of dogs' teeth, pulp dent paste, zinc phosphate cement, zinc oxide-eugenol cement, 3% phenol and copalite varnish were applied to the inner surface of each respective cavity preparation except in those teeth designed to be the control group. Equal volumes of radioactive phosphorus ($^{32}\text{P}:\text{NaH}_2\text{PO}_4$ NaCl Soln.) were placed in each cavities and then followed by a small cotton pellet. The cavities were then sealed with Z.O.E. cement.

Animals were killed after 48 hours. The teeth were removed and sectioned on an abrasive wheel to include cavities. The teeth were further ground on an India stone to a thickness of from 100 to 150 microns. Auto-radiographic picture was made by close contact of high-speed dental X-ray film(KODAK) to prepared specimen for 5 hours.

The results of this study were as follow:

1. Pulp dent paste and zinc oxide-eugenol cement cases showed no ^{32}P penetrated into the dentin.
2. Zinc phosphate cement cases showed prevent penetration significantly.
3. 3% phenol and copalite varnish cases showed the greatest penetration in experimented cases.
4. Control cases showed the penetration deep into the dentin and pulp tissue.

* 本 論文의 要旨는 1974年 6月 29日 大韓齒科保存學會 學術集談會에서 發表하였음.

—目 次—

第一章 緒 論
 第二章 實驗材料 및 實驗方法
 第三章 實驗成績
 第四章 總括 및 考按
 第五章 結 論
 參考文獻

第一章 緒 論

外來刺戟에 對한 齒髓의 異狀反應을 輕減시키고 細菌 侵入의 可能性을 排除하기 爲하여 象牙質의 外來物質에 對한 浸透性を 低下시키려는 試圖가 繼續되고 있는 것은 周知의 事實이다.

外來刺戟에 對한 齒髓의 反應은 여러方向으로 나타나는 바, Brännström¹⁾은 窩洞 形成 後 窩洞內部로 空氣를 強하게 注入시키면 造象牙細胞의 核들이 象牙細管內로 移動한다고 하였으며 Cotton²⁾은 移動된 核에 空胞가 形成되어 結局 造象牙細胞의 核이 退行性 病變을 일으킨다고 報告하였다.

Wainwright와 Lemoine³⁾은 radioactive urea, thiourea 및 acetamide를 使用한 實驗에서 齒牙의 象牙質이 浸透성이 높다는 것을 確認한 바 있고, 其外에 Lefkowitz⁴⁾, Bödecker⁵⁾, Fish⁶⁾ 등은 染色物質, Zander⁷⁾, Zander와 Smith⁸⁾, Volker⁹⁾ 등은 窒酸銀 및 弗素鹽, Wasserman等¹⁰⁾, Sognaes와 Volker¹¹⁾, Bevelander와 Amler¹²⁾, Amler¹³⁾, Barber와 Massler¹⁴⁾, Arwill¹⁵⁾ 등은 放射性 同位元素, 그리고 Besic¹⁶⁾은 細菌에 依해서도 容易하게 象牙質이 浸透 당한다는 것을 報告한 바 있다.

Wasserman等¹⁰⁾은 唾液中の 放射性 磷(³²P)이 成犬 無髓齒의 象牙質內로 容易하게 浸透되나, 放射性 磷(³²P)이 無髓齒의 象牙質內로 浸透할 수 있는 量은 生活齒의 象牙質內로 浸透할 수 있는 量의 1/10에 不過하다고 報告하였다. 또한 生活齒에 金冠을 裝着시킨 後 非徑口的으로 放射性 磷을 投與하면 齒牙의 齒髓組織과 齒根膜을 통해서 放射性 磷이 象牙質內로 浸透됨을 볼 수 있다고 하였다. 이 境遇에 唾液內에서도 放射性 磷이 發見되는데, 唾液內의 放射性 磷은 金冠 때문에 象牙質內로 浸透하지 못했으나, 金冠을 裝着하지 않은 健全한 齒牙에서 觀察한 바, 齒髓組織 및 齒根膜을 통한 放射性 磷의 浸透量이 唾液을 통한 浸透量보다 훨씬 高濃度인

이 觀察되었다고 한다.

Bevelander와 Amler¹²⁾, Volker와 Sognaes¹⁷⁾는 放射性 磷이 象牙質內로 浸透되는 程度는 象牙質의 形態學的 및 病的 變化에 따라 달라지며, 象牙質의 密度도 放射性 磷의 浸透에 影響을 미친다고 하였다.

Zander¹⁸⁾는 硅酸 세멘트가 象牙質 浸透성에 미치는 影響을 觀察하였고 Barber와 Massler¹⁴⁾는 齒科臨床에서 使用되고 있는 數種의 窩洞 裏裝劑가 象牙質 浸透성에 미치는 影響을 觀察하였고, 아울러 硅酸 세멘트를 이들 窩洞 裏裝劑와 併用하는 境遇에 ³⁵S 및 ⁴⁵Ca에 對한 象牙質 浸透성에 어떠한 變化가 오는가를 觀察하였다. Amler¹³⁾은 Oxyphosphate 세멘트가 放射性 磷의 象牙質內 浸透성을 顯著히 低下시켰다고 報告하였으며 또한 腐蝕作用이 弱한 藥物을 窩洞 裏裝劑로 使用하는 것은 不適合하다고 主張하였다.

Ast¹⁹⁾ 등은 유지닐, 石炭酸, 알콜, 弗化物(Fluoride) 및 窒酸銀(Silver-nitrate) 등의 藥材가 消毒藥으로서 使用된다고 하였으며 또한 Orban²⁰⁾ 등은 이들 藥材가 消毒效果뿐만 아니라 象牙質液(dentinal fluid)과 象牙淋巴(dentinal-lymph)內의 蛋白質을 凝固시키므로서 露出된 象牙細管을 閉鎖시키고 象牙質의 浸透성을 低下시킨다고 報告한 바 있다.

著者は 現在 齒科臨床에서 使用되고 있는 磷酸亞鉛 세멘트, 酸化亞鉛 유지닐 세멘트, Pulpdent 糊劑, 石炭酸(3% Phenol) 및 Copalite varnish 등의 藥材들이 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透도에 어느 程度의 抑制效果를 나타내는가를 實驗의으로 比較 觀察하여 이에 報告하는 바이다.

第二章 實驗材料 및 實驗方法

本 實驗에서는 健康한 成犬 二頭의 上下顎 28個 齒牙를 對象으로 하였고, 實驗犬은 體重 5 lb當 1gm의 Nembutal(Pentobarbital Sodium, SIGMA Chemical Co.)을 靜脈內 注射하여 全身麻酔하고 1分間에 5,000~8,000회轉하는 齒科用 엔진으로 齒牙構造에 따라 V級 窩洞을 形成하였으며 窩洞의 깊이는 玳瑁質과 象牙質 境界部下 1~2mm 깊이까지 形成하였다. 形成된 窩洞은 잘 洗滌 乾燥시킨 後 上顎 右側 3,4番 齒牙에는 Pulpdent 糊劑, 上顎 左側 3,4番 齒牙에는 磷酸亞鉛 세멘트, 上顎 左側 8,9番 齒牙는 酸化亞鉛 유지닐 세멘트를 各各 0.5mm 程度의 두께로 塗布하였고 下顎 右側 4, 7,8番 齒牙에는 Copalite varnish, 그리고 下顎 左側 4, 7,8番 齒牙에는 3% 石炭酸을 各各 塗布하였으며 上顎 右側 8,9番 齒牙는 對照群으로 使用하였다(Table 1 參照).

Table I. Experimented teeth and base materials.

Base materials	Right side teeth						Left side teeth							
	No base (Control group)		Pulpdent paste		Copalite varnish		Zinc phosphate cement		Zinc oxide-eugenol cement		3% Phenol			
Position of the teeth	9	8	4	3	8	7	4	3	4	8	9	4	7	8

窩洞 裏裝劑가 完全히 乾燥된 後에 放射性 同位元素 磷(³²P: NaH₂PO₄ NaCl Soln.)을 150 μ Ci/1ml되게 生理的 食鹽水로 稀釋한 後 小綿球에 묻혀 窩洞內에 注入하고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 窩洞을 閉鎖하였다. 實驗이 끝난 48時間 後에 動物을 犧牲시켜 窩洞을 形成했던 齒牙를 採取하여 窩洞內의 內容物을 完全히 除去한 後 各 齒牙를 India Stone에서 100 μ 內外의 두께로 研磨하여 이를 High-speed dental X-ray film 上에 密着시켜 5時間 後 Auto-radiograph를 製作하여 放射性 磷의 象牙質內 浸透程度를 觀察하였다.

第三章 實驗成績

Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트, 酸化亞鉛 유지놀 세멘트, 石炭酸 및 Copalite varnish를 窩洞內에 塗布하였을 때 放射性 磷이 象牙質內로 浸透하는 程度를 觀察한 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 對照群: 窩洞內에 裏裝劑 및 藥材를 塗布하지 않고 다만 放射性 磷이 含有된 小綿球만을 窩洞內에 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 對照群에서는 放射性 磷(³²P)이 象牙質內로 顯著하게 浸透되어 齒髓組織에 까지 이르고 있음을 보여주고 있다(Fig. 1 參照).

2. Pulpdent 糊劑 塗布群: 窩洞을 Pulpdent 糊劑로 塗布하고 그 위에 放射性 磷(³²P)을 含有한 小綿球을 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 境遇에 放射性 磷의 象牙質內 浸透도가 顯著히 減少되었다. 即 Pulpdent 糊劑를 塗布한 下部의 象牙質 및 齒髓內로 放射性 磷(³²P)이 浸透한 痕跡을 全然 볼 수 없었으며 다만 窩洞의 邊緣部位에서만 放射性 磷이 약간 浸透되었음을 볼 수 있었다(Fig. 2 參照).

3. 磷酸亞鉛 세멘트 塗布群: 窩洞內에 磷酸亞鉛 세멘트를 塗布하고 그 위에 放射性 磷(³²P)을 含有한 小綿球을 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 境遇에 磷酸亞鉛 세멘트를 塗布한 下部의 象牙質 및 齒髓에는 放射性 磷이 거의 浸透하지 못했으나 線狀으로 나타날 程度의 浸透를 보여주고 있다. 窩洞邊緣部位의 浸透도 Pulpdent 糊劑에 比해서 훨씬 많이 나타난 것을 볼 수 있다

(Fig. 3 參照).

4. 酸化亞鉛 유지놀 세멘트 塗布群: 窩洞內에 酸化亞鉛 유지놀 세멘트를 塗布하고 그 위에 放射性 磷(³²P)을 含有한 小綿球을 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 境遇에 放射性 磷의 象牙質內 浸透도는 Pulpdent 糊劑를 塗布한 群과 類似하게 酸化亞鉛 유지놀 세멘트를 塗布한 下部의 象牙質 및 齒髓內에는 放射性 磷이 全然 浸透하지 못하였고 窩洞의 邊緣部位에서만 放射性 磷이 浸透하였다(Fig. 4 參照).

5. 石炭酸 塗布群: 窩洞內에 3% 石炭酸을 小綿球에 묻혀서 窩洞內에 塗布한 後에 乾燥시킨 다음 放射性 磷(³²P)이 含有되어 있는 小綿球을 窩洞內에 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 境遇에 放射性 磷의 象牙質內 浸透는 對照群에 比해서 顯著하게 抑制되었으나 3% 石炭酸을 塗布한 下部의 象牙質內에는 輕微하게 放射性 磷이 浸透된 것을 볼 수 있었다. 그러나 그 浸透 抑制效果는 Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트 및 酸化亞鉛 유지놀 세멘트群들에 比較해서는 훨씬 微弱하였다 (Fig. 5 參照).

6. Copalite varnish 塗布群: 窩洞內에 Copalite varnish를 小綿球에 묻혀서 塗布한 後 放射性 磷(³²P)이 含有되어 있는 小綿球을 窩洞內에 넣고 酸化亞鉛 유지놀 세멘트로 密封한 境遇에 放射性 磷의 象牙質內 浸透도는 對照群에 比해서는 抑制하는 傾向을 나타내었으나 Copalite varnish를 塗布한 下部의 象牙質內에 相當量의 放射性 磷이 浸透된 像을 볼 수 있었다. Copalite varnish의 放射性 磷의 象牙質內 浸透 抑制效果는 Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트, 酸化亞鉛 유지놀 세멘트에 比해서 훨씬 微弱하였고, 石炭酸과 類似한 效果를 나타냈지만 本 實驗에서 使用된 다른 窩洞 裏裝劑와 比較할 때 가장 微弱한 抑制效果를 나타냈다 (Fig. 6 參照).

第四章 總括 및 考按

齒牙에 窩洞을 形成하고 充填物을 窩洞內에 充填하기 前에 象牙質의 浸透性을 輕減 乃至 없애기 爲해서 여러

가지 세멘트 및窩洞裏裝劑가 齒科臨床에서 使用되고 있다. 著者は Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트, 酸化亞鉛 유지닐 세멘트, 3% 石炭酸 및 Copalite varnish 등을窩洞內에 塗布한 境遇에 이들이 放射性 磷의 象牙質內 浸透性を 顯著하게 抑制시킨다는 것을 觀察하였으며 이러한 事實은 다른 여러 學者들의 報告와 一致하고 있다. 即 Barber와 Massler¹⁴⁾는 Copalite varnish를窩洞內에 塗布한 結果 ³⁵S와 ⁴⁵Ca의 象牙質內 浸透가 遮斷되었다고 報告하였는데, 이 報告는 本 實驗에서 Copalite varnish가 對照群에 比해서 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透를 顯著하게 抑制한 實驗成績과 類似하였다.

또한 이들은窩洞內에 Pulpdent 糊劑를 塗布하면 ⁴⁵Ca의 象牙質內 浸透가 完全히 遮斷되었으나, ³⁵S의 浸透는 全然 遮斷시키지 못했으며, 이러한 現象은 齒牙 및 充填物에 對한 陽이온과 陰이온의 反應이 서로 다르게 나타나기 때문이며 齒牙와 充填物의 이온 및 分子構造로서 이러한 現象을 說明해야 한다고 하였다. 本 實驗에서는 Pulpdent 糊劑가 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透를 完全히 遮斷하였는데 이의 作用機轉은 앞으로 더욱 研究되어야만 될 課題라고 생각된다. 또한 Barber와 Massler¹⁴⁾는 磷酸亞鉛 세멘트는 全然 ³⁵S 및 ⁴⁵Ca의 象牙質內 浸透를 抑制시키지 못하였고 酸化亞鉛 유지닐 세멘트는 輕微하게 ³⁵S 및 ⁴⁵Ca의 象牙質內 浸透를 抑制시켰다고 報告하였다. 이러한 結果는 本 實驗에서 磷酸亞鉛 세멘트 및 酸化亞鉛 유지닐 세멘트가 放射性 磷의 象牙質內 浸透를 遮斷시킨 結果와는 相反된 結果를 나타내었는데 이러한 現象은 ³²P와 ³⁵S, ⁴⁵Ca의 象牙質內 浸透도가 上記한窩洞裏裝劑 및 세멘트에 對해 서로 다른 反應을 나타내기 때문이라고 思料된다.

한편 A. D. A.²¹⁾에 依하면 石炭酸은 強力한 殺菌作用을 保有하며 蛋白質을 凝固, 沈澱시키는 作用을 나타낸다고 한다. Amler¹³⁾는 象牙細管內의 原形質이 凝固되고 死滅된다고 해서 象牙質의 浸透성이 低下된다는 것은 理論的인 根據를 갖지 못하는 것이라 하였고 Amoeba나 赤血球 같은 細胞의 行態를 보면 이와는 相反되는 理論을 展開할 수 있다고 하였다. 即 細胞膜은 그 細胞가 生存해 있는 동안에 그 透過성이 制限力을 保有하고 있으나 일단 細胞가 死滅하게 되면 이러한 能力을 喪失한다고 하였다.

Osterhout²²⁾는 細胞의 죽음이란 細胞의 透過性 增加를 同伴하게 되며, 細胞는 生存時에 數種의 染色物質들의 細胞內 透過性を 抑制하지만 일단 細胞가 死滅하게 되면 이러한 細胞의 能力은 消失된다고 하였다. 또한

Bödecker²³⁾는 齒髓가 壞死에 빠지면 生活齒에 比해서 染色物質이 象牙質內로 容易하게 擴散된다고 하였다.

Amler¹³⁾는 이러한 事實에 바탕을 두어 石炭酸이窩洞內에서 強力한 殺菌作用을 나타내나 象牙細管內의 有機物質을 凝固, 死滅시키므로써 象牙質의 浸透性を 오히려 增加시킨다고 하였다. 그러나 本 實驗에서 石炭酸은 放射性 磷(³²P)이 象牙質內로 浸透하는 것을 對照群에 比해서 顯著하게 抑制시켜서 Amler¹³⁾의 實驗과 相反되는 結果를 나타냈다.

Arwill等¹⁵⁾은 齒牙를 물속에서 齧인 後 ²²Na 溶液內에 넣고서 ²²Na가 象牙質內로 浸透되는 量을 正常齒牙와 比較 觀察한 바, 물속에서 齧인 齒牙內로 ²²Na가 훨씬 微弱하게 浸透된 事實을 報告하였다. 이들은 最初에는 齒牙를 齧이게 되면 齒牙의 構造를 이루는 水酸化 磷灰石(hydroxyapatite)의 크기가 增加되기 때문에 ²²Na의 齒牙內 浸透가 抑制될 것이라고 判斷했으나, 純粹한 溶性 水酸化 磷灰石(hydroxyapatite)은 물속에서 齧어도 何等의 變化가 招來되지 않는 事實로 미루어보아, 齒牙를 물속에서 齧이게 되면 齒牙 硬組織의 有機物質이 凝固되므로써 이 凝固된 有機物質이 象牙細管을 閉鎖하여 ²²Na의 象牙細管內 浸透가 抑制되었다고 하였다. 이러한 Arwill等¹⁵⁾의 報告로 미루어 보아窩洞에 石炭酸을 塗布한 境遇에는 石炭酸이 象牙細管內의 有機物質을 凝固시켜 이 凝固된 有機物質이 象牙細管을 閉鎖시키므로써 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透도가 抑制된 것이라고 思料된다.

第五章 結 論

外來刺戟에 對한 齒髓의 反應을 輕減시키고, 細菌侵入의 可能性을 排除하여 齒牙齶蝕症의 再發을 防止하기 爲하여窩洞形成 後에 여러가지 세멘트 및窩洞裏裝劑를窩洞에 塗布하고 있다.

著者は Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트, 酸化亞鉛 유지닐 세멘트, 3% 石炭酸 및 Copalite varnish 등을 成犬齒牙의窩洞內에 塗布한 後 이들의 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透 抑制效果를 比較 觀察한 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. Pulpdent 糊劑와 酸化亞鉛 유지닐 세멘트는 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透를 完全히 遮斷하였다.
2. 磷酸亞鉛 세멘트도 放射性 磷(³²P)의 象牙質內 浸透를 顯著하게 抑制시켰으나 完全히 遮斷하지는 못했다.
3. 石炭酸과 Copalite varnish는 Pulpdent 糊劑, 磷酸亞鉛 세멘트 및 酸化亞鉛 유지닐 세멘트의 放射性 磷(³²P) 浸透抑制 效果에 比해서는 輕微하나 對照群에

비해서는 顯著하게 放射性 磷(^{32}P)의 浸透 抑制效果를 나타냈다.

(本 論文을 作成함에 있어 始終 指導校閱하여 주신 金洙哲·金英海教授님께 深甚한 感謝를 드리며 協助하여 주신 서울大 醫大 同位元素室長 高昌舜 教授님과 保存學 教室員 여러분께 謝意를 表하는 바입니다.)

參 考 文 獻

- 1) Brännström, M. :Dentinal and pulpal response. II. Application of an air stream to exposed dentin. Short observation period. Acta. Odont. Scand. 18:17 -28, 1960.
- 2) Cotton, W.R., Gorman, W.J., and Lamb, J.R. :Pulpal response to cavity drying in rat teeth. J. Dent. Res. 44:801, 1965.
- 3) Wainwright, W.W., and Lemoine, E. A. :Rapid diffuse penetration of intact enamel and dentin by Carbon¹⁴ labeled urea. J. Amer. Dent. Ass. 41:135, 1950.
- 4) Lefkowitz, W. :Further observation on dentinal lymph in dentin J. Dent. Res. 22:287, 1943.
- 5) Bödecker, C.W. :Tooth condition. Factor in experimental isotope absorption. J. Dent. Res. 22:281, 1943.
- 6) Fish, E. W. :Circulation of lymph in dentin and enamel. J. A. D. A. 14:804, 1927.
- 7) Zander, H. A., and Burrill, D. Y. :The penetration of silver nitrate solution into dentin. I. J. Dent. Res. 22:85, 1943.
- 8) Zander, H. A., and Smith, H. W. : The penetration of silver nitrate into dentin. II. J. Dent. Res. 24:121, 1945.
- 9) Volker, F., Sognaes, R.F., and Bibby, B. G. :Studies on distribution of radioactive fluoride in bones and teeth of experimental animals. Am. J. Physiol. 132:707, 1941.
- 10) Wasserman, F., Blayney, J. R., Groezinger, G., and Dewitt, T.G. :Studies on the different pathways of exchange of minerals in teeth with aid of radioactive phosphorus. J. Dent. Res. 20:389, 1941.
- 11) Sognaes, R.F., and Volker, J.F. :Studies on distribution of radioactive fluoride in bones and teeth of experimental animals. Am. J. Physiol. 133:112, 1941.
- 12) Bevelander, G., and Amler, M.H. :Radioactive phosphate absorption by dentin and enamel. J. Dent. Res. 24:45, 1945.
- 13) Amler, M.H. :Radioactive phosphate permeability in dentin following the use of medicaments. J. Dent. Res. 27:635, 1948.
- 14) Barber, D.B., and Massler, M. :Penetration of isotopes through liners and bases under silicate cement restorations. J. A. D. A. 65:786, 1962.
- 15) Arwill, T., Myrberg, N., and Söremark, R. : Penetration of radioactive isotopes through enamel and dentin. J. Dent. Res. 44:1299, 1965.
- 16) Besic, F.C. :Fate of bacteria sealed in dental cavities. J. Dent. Res. 22:349, 1943.
- 17) Volker, J.F., and Sognaes, R.F. :Distribution of radioactive phosphorus in teeth of experimental animals. J. Dent. Res. 20:471, 1941.
- 18) Zander, H.A. :The reaction of dental pulp to silicate cements. J. A. D. A. 33:1233, 1946.
- 19) Ast, D.B. :Progress report on fluorine investigation. N. Y. J. Dent. 16:8, 1946.
- 20) Orban, B. :Oral histology and embryology. St. Louis, 1944. The C. V. Mosby Co.
- 21) Accepted dental therapeutics: p.172, A. D. A. 1968.
- 22) Osterhout, W.D.V. :Injury, recovery, and death in relation to conductivity and permeability. Philadelphia. 1922. J. B. Lippincott Co.
- 23) Bödecker, C.W., and Lefkowitz, W. :Concerning "vitality" of calcified dental tissues. J. Dent. Res. 16:463, 1937.

—寫真附圖說明—

Fig. 1. Control case;

I. The picture of upper right 9th tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows ^{32}P penetrated heavily around cavity and into underlying dentin and pulp chamber.

III. The corresponding diagram.

Fig. 2. Pulpdent paste case;

I. The picture of upper right 3rd tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows no penetration of ^{32}P into underlying dentin except through absence in liner.

III. The corresponding diagram.

Fig. 3. Zinc phosphate cement case;

I. The picture of upper left 4th tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows weak penetration of ^{32}P into underlying dentin.

III. The corresponding diagram.

Fig. 4. Zinc oxide-eugenol cement case;

I. The picture of upper left 9th tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows lack of penetration into underlying dentin except through absence in liner.

III. The corresponding diagram.

Fig. 5. Copalite varnish case;

I. The picture of lower right 8th tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows deep penetration of ^{32}P into underlying dentin. But this is not heavier than control case. Compare with Fig. 1.

III. The corresponding diagram.

Fig. 6. Phenol case;

I. The picture of lower left 7th tooth of dog.

II. The corresponding autoradiograph.

This case shows also deep penetration of ^{32}P into underlying dentin. Compare with Fig. 5. and Fig. 1.

III. The corresponding diagram.

写真附图 (1)

Fig. 1

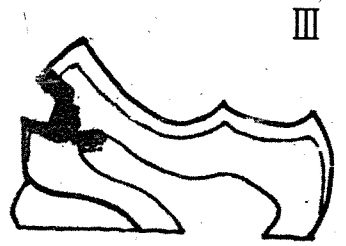
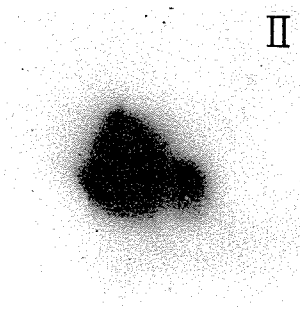
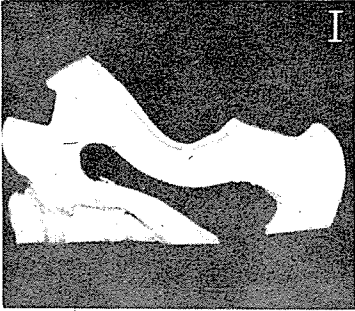


Fig. 2

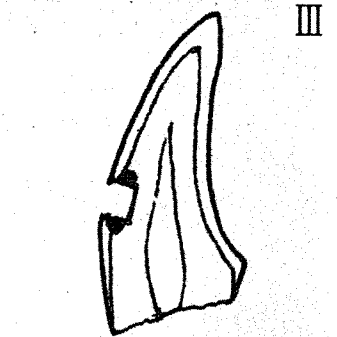
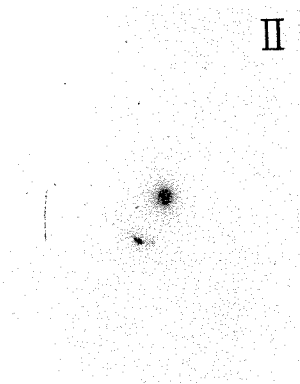
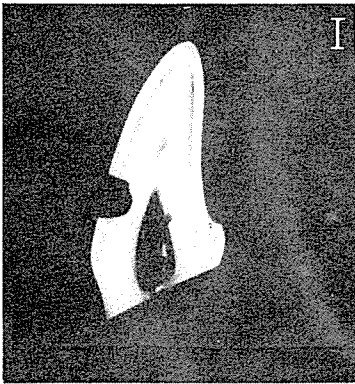
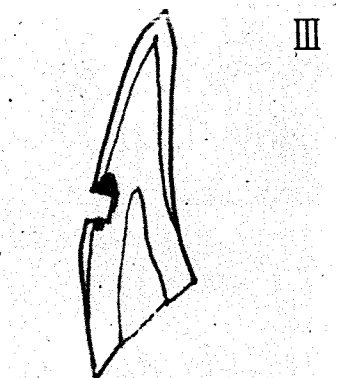
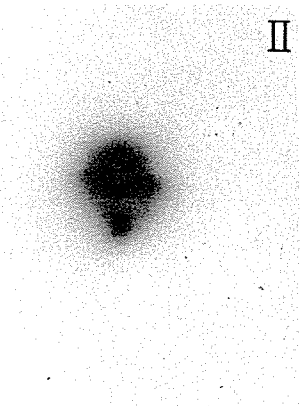
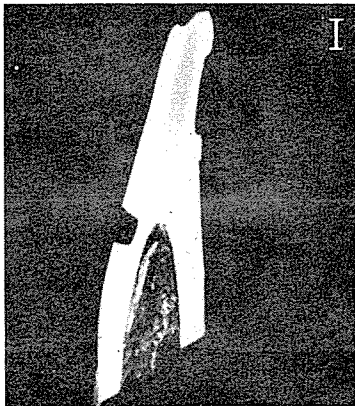


Fig. 3



写真附图 (2)

Fig. 4

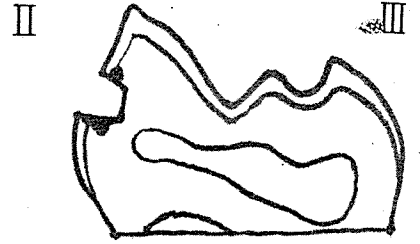
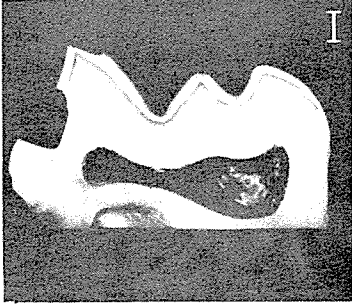


Fig. 5

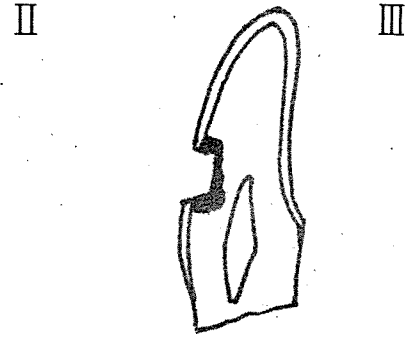
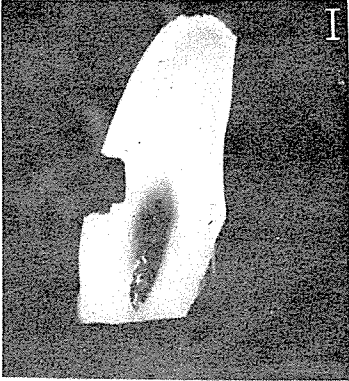


Fig. 6

