

寒冷이 齒髓組織에 미치는 影響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)

曹 圭 澄

.....> Abstract <.....

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE HISTOLOGIC CHANGES OF DENTAL PULP TO COLD IRRITATION.

Kyew Zung Cho, D.D.S.

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

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

Author carried out a study on the histological changes of dental pulp applying the cold irritation to the exposed dentin of dog's teeth with the different conditions of the temperature below 5°C.

The following results were obtained:

- 1) The early inflammatory change such as interodontoblastic vacuolizations, slightly dilated blood vessels and inflammatory cell infiltrations was observed in the pulp tissue of both control and tested group at 5°C and 0°C.
- 2) The thickness of predentin was reduced or even disappeared under the conditions below -5°C.
- 3) The pyknosis of odontoblast at the odontoblastic layer was markedly increased in the pulp applied with saline solution of 0°C.
- 4) It was revealed that the complete destruction of predentin, of odontoblastic layer and blood vessels in the pulp elements was observed without any infiltrations of inflammatory cells at the case applied with dry-ice of -70°C for 2 minutes.
- 5) The interodontoblastic vacuoles, marked edematous spaces and reticular atrophy seemed to be proportionally increased with the falling of the temperature below 0°C.
- 6) The vacuolization of odontoblastic layer was generally accompanied with the reticular atrophy in the pulp.

* 本 論文의 要旨는 1969年 11月 21日 第17回 大韓齒科保存學會에서 發表하였음.

第一章 緒 論
 第二章 實驗材料 및 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
 寫眞附圖

第二章 實驗材料 및 方法

實驗材料 본 實驗의 研究材料는 體重 15Kg 의 健康 한 二年生 家犬 上下顎 齒牙 20個를 選擇해서 實驗對 象으로 하되 冷刺戟劑로서 얼음, Dry-ice, 2N 溶液의 食鹽水를 二時 槽속에 넣어 5°C, 0°C, -5°C 및 -10 °C의 氷水를 사용한다.

實驗方法 Phenobarbital Sodium 50mg / Kg/ b.w. 의 靜脈注射로 家犬을 全身麻酔하고 1分間에 5000 ~8000 回轉하는 齒科用 엔진을 使用하여 實驗對象齒牙 를 象牙瑯瑯境界下 0.5mm 의 깊이로 單純窩洞을 形成하 고, 對照群 以外의 實驗對象齒牙에서는 라바담(Rubber- dam) 裝置를 하여 溫度計가 달린 水槽로부터, 5°C, 0° C, -5°C, -10°C의 氷水를 手動 Pump를 통해서 1分, 2分間 各 實驗對象齒牙에 繼續流入하였다. -70°C는 Dry-ice를 直接 適用시켰다.

窩洞은 酸化亞鉛유지늘세멘트로 充填하였으며 實驗動 物은 48時間後 犧牲시켜 齒牙는 10% Formalin에 1週 間 固定後 5% 窒酸으로 脫灰하여 15μ-20μ 의 Celloidin 切片을 만들어 H-E 重染色後 鏡檢하였다.

適用된 冷度와 時間別 齒牙分布는 表1과 같다.

Table 1. Applied temperature and duration.

Duration	1 min.	2 min.
Temp.		
5°C	7	4
0°C	9	8
-5°C	4	3
-10°C	7	6
-70°C	9	8
Control group	9 8 7 4 9 8 7 6 4 3	

第三章 實驗成績

著者는 實驗動物의 齒牙에서 齒髓의 組織學的인 變化 를 觀察할때 齒髓損傷의 程度를 다음과 같은 基準에 依 해서 判定하였다.

- 即, 1) 象牙基質層과 造象牙細胞層의 狀態
- 2) 造象牙細胞의 核 및 配列變化
- 3) 齒髓膜의 連結度
- 4) 血管變化
- 5) 齒髓組織의 萎縮變性 및 壞死 等이다.

第一節 對 照 群

象牙質과 象牙基質層은 正常이며 造象牙細胞層에는

第一章 緒 論

齒髓組織에 損傷을 주는 原因 가운데 溫度的 要因으로 서 寒冷과 溫熱이 있다. 特히 寒冷은 冷却劑 清涼劑 齒 髓診斷 等に 널리 使用되고 있지만 齒髓에 刺戟을 주어 齒牙에 疼痛을 惹起하고 知覺過敏을 招來하며, 나아가 서는 齒髓炎을 誘發시키는 한 原因이 되기 때문에 齒科 領域에서 많은 關心의 對象이 되어왔다.

Grossman¹⁾, Thomas²⁾, Gabel³⁾, Stones⁴⁾ 등은 그 들의 著書에서 寒冷이 溫熱과 함께 齒髓充血의 原因이 된다고 記述하고 있으며, Ingle⁵⁾, Schultz⁶⁾, Newman ⁷⁾, McGehee⁸⁾, Mead⁹⁾, Seltzer & Bender¹⁰⁾ 등은 寒 冷이 齒髓의 充血 及 急性齒髓炎時 齒牙에 甚한 疼痛을 출뿐단 아니라 健康齒牙라 할지라도 齒髓刺戟의 要因이 된다고 論述하였다.

其外에 Peyton¹¹⁾, Huysen and Gurley¹²⁾, Bernier and Knapp¹³⁾, Shovelton and Marsland¹⁴⁾ 등은 窩 洞形成時에 發生하는 熱 或은 機械的 刺戟에 依해서 齒髓 가 損傷을 받는다고 報告했고 Langeland¹⁵⁾, Nygaard¹⁶⁾ 등은 레진세멘트, Zander¹⁷⁾는 珪酸세멘트, Seltzer, Bender and Kaufman¹⁸⁾은 壓力이 齒髓에 미치는 影響 에 關하여 研究했으며 Zander and Burill¹⁹⁾, Englander and Others²⁰⁾, Thomas²¹⁾, Lefkowitz and Bodecke r²²⁾ 등은 窒酸銀, 石炭酸, 弗化나트륨과 같은 藥物들이 齒髓에 미치는 影響을 組織學的으로 觀察했다.

그러나 Langeland²³⁾ 24)가 窩洞形成時 冷却劑가 齒 髓에 미치는 影響에 關하여 報告한것 外에는 寒冷이 齒 髓反應에 미치는 組織學的인 報告는 極히 稀少하다.

著者는 日常生活에서 接觸할 수 있는 溫度 以下의 低 溫에 對한 齒髓反應에 關心을 갖고 成犬의 齒牙에 窩洞 形成後 直接 冷刺戟을 加해서 寒冷이 齒髓에 미치는 影 響에 關한 組織學的인 變化를 比較觀察하였기에 其 結果 를 報告하는 바이다.

造象牙細胞間 小空胞(Interodontoblastic vacuoles)가 齒髓膜(Pulpodental membrane)에 隣接해서 드물게 나타난다. 造象牙細胞層 直下부의 齒髓組織에는 微弱한 網狀萎縮이 있고, 炎症細胞浸潤이 輕微하게 나타나며, 齒髓血管은 대개 正常이나 多少 擴張 鬱血된 狀態를 볼 수 있다.

炎症細胞는 大部分 淋巴球와 形質細胞이나 가끔 中性 好性 白血球도 볼 수 있는데 이들이 대개 造象牙細胞 層을 따라 그 直下部 齒髓組織에 浸潤되어 나타난다. 組織의 變化는 各 標本에 따라 若干의 差異가 있다.

第二節 實驗群

(I) 5°C 1分: 象牙質과 象牙基質層은 正常이며 造象牙細胞間 小空胞의 形成이 드물게 나타나 있으나 齒髓 膜은 正常이고 造象牙細胞層 直下부의 齒髓組織에서 微弱한 網狀萎縮과 炎症細胞浸潤을 볼 수 있고 血管은 正常이나 多少 擴張된 部位도 있다.

(II) 5°C 2分: 造象牙細胞層의 厚徑이 多少 減少되어 있고 이 層內에서 造象牙細胞間 小空胞形成 및 微細한 毛細血管의 發現 外에는 1分群과 大差없다.

(III) 0°C 1分: 象牙質과 象牙基質層은 正常이며 造象牙細胞層內에는 造象牙細胞間 小空胞形成이 甚하게 나타나고 造象牙細胞核들의 濃縮狀(Pyknosis)이 보이며 가끔 毛細血管을 볼 수 있다. 造象牙細胞層 直下부의 齒髓組織에는 뚜렷한 網狀萎縮(Reticular atrophy)과 많은 炎症細胞浸潤이 있다.

血管은 若干 擴張 鬱血되어 있으나 浮腫性變化는 거의 나타나지 않는다.

(IV) 0°C 2分: 造象牙細胞間 小空胞의 形成이 甚하여 造象牙細胞의 核濃縮을 보이고 核은 大部分 象牙質 쪽으로 偏在되어 있으며 浮腫性變化가 齒髓組織 全體에 걸쳐 나타나고 血管은 擴張 鬱血되어 있다.

(V) -5°C 1分: 象牙基質層의 厚徑이 多少 減少되어 있고 造象牙細胞層도 萎縮되어 象牙基質層쪽으로 밀려 있다. 造象牙細胞層은 造象牙細胞間 小空胞 形成이 甚하며, 큰 空胞形成도 많이 나타난다. 또한 齒髓組織으로부터 造象牙細胞層內로 毛細血管이 浸透해 있는 像을 볼 수 있으며, 간혹 毛細血管이 破壞되어 小出血巢를 形成한 곳도 있다.

또한 造象牙細胞層 直下の 齒髓組織에는 網狀萎縮이 若干 나타나고 있으며, 炎症細胞浸潤은 造象牙細胞層 下部에 密集되어 나타나고, 血管은 擴張 鬱血像을 보이거나 浮腫性變化는 微弱하게 나타난다.

(VI) -5°C 2分: 象牙基質層은 厚徑이 減少되거나 消失되어 있고, 造象牙細胞間 小空胞 形成이 顯著하여 細

胞配列이 매우 不規則하며, 核은 大部分이 濃縮되어 있다.

毛細血管이 齒髓組織에서부터 造象牙細胞層內로 많이 浸透해 있고 炎症細胞浸潤도 造象牙細胞 사이에서 볼 수 있다.

造象牙細胞層 下部에는 浮腫이 甚하고 뚜렷한 網狀萎縮을 보여주고 있으며 血管은 擴張 鬱血되고, 또 破壞된 小出血巢를 보이는 곳도 있다.

(VII) -10°C 1分: 象牙質과 象牙基質層은 比較的 正常인데 反하여 造象牙細胞層은 萎縮되어 象牙基質層으로 밀려있으며 그 厚徑이 좁아져 있다.

甚한 造象牙細胞間 小空胞 及 大空胞 形成으로 因하여 細胞配列이 매우 不規則하며 그 核은 甚히 濃縮되어 있다. 造象牙細胞層 直下の 齒髓組織에서 極甚한 浮腫性 變化와 網狀萎縮이 나타난다. 齒髓組織 全體에 걸친 浮腫은 顯著하지 않다.

(VIII) -10°C 2分: 象牙基質層은 그 厚徑이 不規則하고 部分的으로 消失되어 있다. 造象牙細胞層은 空胞形成이 甚하여 造象牙細胞가 破壞된 部位가 많이 나타난다. 浮腫性變化(Edematous space)는 齒髓組織 全體에 걸쳐 極甚하며, 結締織은 甚한 網狀萎縮(Reticular atrophy)을 보여주며 血管도 大部分 破壞되어 큰 出血巢가 많고 炎症細胞浸潤은 거의 나타나지 않는다.

(IX) -70°C 1分: 象牙基質層은 完全消失되고 造象牙細胞層은 極甚한 空胞形成과 細胞 破壞像을 나타내며, 아직 破壞되지 않은 細胞層은 象牙質쪽으로 밀려서 肥厚하게 密着되어 있고 毛細血管들도 破壞되어 到處에 小出血巢를 보여주고 있다.

造象牙細胞層의 直下部에서 浮腫性變化가 極甚하고 網狀萎縮이 顯著하다. 血管은 擴張 鬱血 또는 破壞되어 있으며 炎症細胞浸潤은 나타나지 않는다.

(X) -70°C 2分: 象牙基質層은 完全消失되고 象牙質과 造象牙細胞層과의 境界部位는 甚히 不規則하여 툽니 모양을 나타내며 造象牙細胞層은 完全히 破壞되어 其 細胞片들만이 象牙質쪽에 附着하여 密集되어 있다.

齒髓全體에 걸쳐 甚한 網狀萎縮이 나타나고 血管도 完全히 破壞되었으므로 炎症細胞浸潤은 나타나지 않는다.

第四章 總括 및 考按

Langeland²⁴⁾, Swerdlow & Stanley²⁵⁾, Marsland & Shovelton²⁶⁾ 등은 窩洞形成時 齒髓反應과 冷却劑의 使用效果에 관한 研究를 報告한 바 있다. Langeland²⁴⁾는 冷却劑로서 一定한 速度의 空氣噴霧를 使用하고, 6000 r. p. m.의 Ritter엔진으로서 窩洞을 形成했을 때, 造

牙細胞가 象牙細管쪽으로 移動하였으며 厚徑이 減少된 造象牙細胞層에서 血液으로 充滿된 毛細血管을 볼 수 있었다. 그러나 空氣噴霧시 水噴霧(water spray)를 冷却劑로 使用하였을 때는 齒髓充血的 反應을 보이지 않았는데, 이것은 水 冷却이나 他 冷却이 같은 效果를 가져 온다는 Marsland & Shovelton²⁶⁾의 發表에 對한 直接의인 反駁이다.

Swerdlow & Stanley²⁵⁾는 20,000 r. p. m. 의 엔진에 水 噴霧를 使用하여 33齒를 窩洞形成했을 때, 初期炎症 變化가 切斷象牙細管 아래의 齒髓組織에 局限되어 나타났고, 水 噴霧가 없었던 (non-spray) 27齒의 齒髓는 甚한 損傷을 받고 膿瘍(abscess)을 形成하기까지 하였다.

이와같이 窩洞形成時 冷却劑가 齒髓에 미치는 影響에 關한 報告는 흔히 있으나 意圖적으로 冷刺戟을 實驗動物의 露出된 象牙質에 直接 接觸시켜 齒髓의 組織學的인 變化를 觀察한 文獻은 極히 稀少하다.

著者가 Tylman²⁷⁾, Grossman²⁸⁾ 등의 報告에 依한 齒髓의 耐性限界溫度 (68°F~122°F)²⁷⁾, (16°C~55°C)²⁸⁾ 以下の 寒冷刺戟을 實驗對象齒牙에 주었을 때 對照群이나 5°C의 冷度를 加한 齒牙의 境遇, 齒髓損傷은 造象牙細胞層에 局限되어 나타나고 輕微한 齒髓組織의 變化를 볼 수 있었다.

對照群에서 輕微한 齒髓組織의 變化를 나타내는 것은 窩洞形成 그 自體만으로서도 齒髓損傷의 한 原因이 된다는 事實을 示唆하고 있는 것 같다.

機械的 刺戟이나 溫度的 刺戟이 象牙質層에 加해지던 造象牙細胞의 原形質突起(Protoplasmic process)가 먼저 刺戟을 받아서 齒髓細胞中 造象牙細胞가 가장 먼저 炎症性變化를 일으키고, 細胞內 新陳代謝의 增加로서 滲透壓의 變化가 생긴다. 이 壓力이 造象牙細胞核을 象牙質쪽으로 轉位시키는 한 原因이 된다고 생각되며, 그 確實한 機轉은 아직 不明이지만 脫水刺戟時 나타나는 特徵的 現象이라고 알려져 있다²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾.

本實驗에서 對照群 및 5°C, 0°C, -5°C 등의 冷刺戟을 加한 齒髓의 造象牙細胞層內에서 毛細血管은 뚜렷하게 자주 나타났으나 造象牙細胞核의 轉位는 그다지 顯著하지 않았다. 이것은 本實驗이 生理的 食鹽水를 使用하여 象牙質이 乾燥될 機會가 많지 않았기 때문이라고 思料된다.

0°C 로서 2分間 刺戟을 加한 齒髓의 組織標本 등에서 造象牙細胞核들이 濃縮되어 象牙質쪽으로 偏在되어 있는 것은, 齒髓內에 浮腫, 充血等 炎症變化로 因하여 核이 象牙質內로 밀려나간다고 假定한 Stanley & Swerdlow³²⁾의 意見과 相應하는 것 같다.

正常的인 造象牙細胞들은 規則的인 울타리모양(Pali-

sading)으로 象牙基質을 따라 繼續接觸하여, 平行하게 配列되어 있으므로 連續性있는 基底膜의 外樣을 보여 주는데, 이것은 過濃染色되며 齒髓膜으로서 알려져 있다.

本實驗에서 이 連續的인 齒髓膜이 -5°C 1分, 2分間, -10°C 1分, 2分間 等の 冷刺戟下에서 매우 不規則的인 斷續象을 보이고 造象牙細胞들이 不定方向의 配列을 갖게되는 것은 造象牙細胞에 對한 損傷이 있었다는 結果를 示唆한다¹⁸⁾.

即 炎症過程이 시작되는 特徵的인 變化로서 造象牙細胞層內에 毛細血管이 나타나는데 이것은 炎症狀態 以前에는 보이지 않는다. 이 毛細血管으로부터 周圍組織으로 體液(body fluid)이 漏出하여 造象牙細胞들 사이에 分布된다. 이와같이 해서 蓄積된 體液에 依하여 造象牙細胞들은 象牙質層과 分離되며, 齒髓膜의 斷絶 및 破裂이 組織切片에서 나타난다고 推理된다³³⁾.

造象牙細胞가 破壞 攪亂됨으로써 이 細胞가 產出시키고 있는 膠原性 物質(Collagenous material)인 象牙基質의 形成이 影響을 받는다. 그 結果로서 象牙基質層의 두께의 變化가 생기며 象牙基質의 形成量과 質은 損傷의 程度에 따라 달라진다³³⁾. 本實驗에서 -5°C 1分, 2分間 및 -10°C 1分間 冷刺戟을 加한 齒髓組織에서 象牙基質變層의 厚徑이 減少되었으며 -10°C 2分間에서는 그 厚徑이 不規則해지고 部分的인 消失이 있으며, -70°C 1分, 2分間에서는 完全히 消失되었다.

-5°C 및 -10°C의 冷刺戟에서 造象牙細胞層의 厚徑이 좁아져 있고, -10°C의 冷刺戟을 1分, 2分間 加한 齒髓組織에서는 甚한 浮腫性變化와 網狀萎縮이 나타났다.

이러한 現象은 造象牙細胞層에서 炎症性 滲出物의 結果로, 造象牙細胞가 壓迫되거나 죽으므로써 그 厚徑이 減少되며, 漏出된 體液의 蓄積으로 因하여 생긴 空間이 組織切片에서 浮腫性變化를 보여주는 것같이 思料된다¹⁸⁾.

核濃縮과 같은 造象牙細胞內 核의 變化는 他組織 細胞의 退行性變化와 類似하다.

本實驗에서 0°C, -5°C, -10°C 등의 冷刺戟을 加한 齒髓組織에서 核濃縮이 甚한 것은 造象牙細胞가 生命을 잃고 壞死에 빠져 들어가고 있거나 壞死가 臨迫해 있다는 것을 나타낸다.

-70°C의 極限的인 寒冷刺戟으로 因하여 損傷받은 齒髓가 48時間 經過後에 多少 回復될 것이라는 假定은 전혀 確認되지 않았다.

著者는 本實驗에서 炎症初期의 反應만을 볼 수 있었으며, 앞으로 刺戟 時間과, 任意的 冷度에 對한 齒髓의 治療能力과 致命的 損傷을 입는 溫度的 限界에 關한 研究가 必要하다고 思料된다.

第五章 結 論

著者は 體重 約 15kg의 健康한 二年生 家犬에서 上下 顎 20個 齒牙를 對象으로 窩洞形成하여, 寒冷이 齒髓에 미치는 影響에 關한 組織學的인 變化를 比較觀察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

5°C 以下로서 適用된 모든 寒冷刺戟은 齒髓組織에 對하여 炎症變化를 惹起시키지만 其 程度는 刺戟의 程度에 따라서 다르다.

1. 모든 對照群 및 5°C 와 0°C 의 境遇에서 齒髓組織은 造象牙細胞間 小空胞形成, 多少 擴張된 齒髓血管 및 炎症細胞浸潤 等の 炎症初期 症狀을 보여 주었다.
2. -5°C 以下の 모든 刺戟에서 象牙基質層의 厚徑이 減少되거나 消失되었다.
3. 0°C를 加한 齒髓組織에서 造象牙細胞의 核濃縮이 매우 顯著하였다.
4. -70°C의 刺戟을 2分間 加한 齒髓組織은 完全히 破壞되어 組織의 壞死를 나타내고 炎症細胞 浸潤은 없었다.
5. 刺戟으로서 適用된 溫度가 낮아 질수록 造象牙細胞間 小空胞, 浮腫性變化 및 網狀萎縮이 더 甚하게 나타났다.
6. 造象牙細胞層의 空胞形成은 大部分 齒髓組織의 網狀 萎縮과 함께 나타났다.

(끝으로 本 研究를 始終 指導校閱하여 주신 金洙哲, 金英海 兩 博士님께 眞心으로 感謝를 드리며 언제나 助 言을 아끼지 않으신 李正植, 李鳴鍾 先生님께 感謝하옵 고, 保存醫局員, 病理學敎室員 諸位께 謝意를 表하는 바 입니다)

參 考 文 獻

- 1) Grossman, L.I.: Endodontic Practice, p.49, 6th ed, 1965.
- 2) Thomas, J.Hill.: A Text-Book of Oral Pathology, p.202, Lea & Febiger, 1949.
- 3) Arthur B.Gabel.: The American Text-Book of Operative Dentistry, p.52, 1949.
- 4) Hubert H. Stones.: Oral and Dental Diseases, p.376, 2nd ed, 1951.
- 5) Ingle, J.I.: Endodontics, p.428, Lea & Febiger, 1969.
- 6) Louis C.Schultz & Others.: Operative Dentistry, p.284, 1968.
- 7) Allen T.Newman.: Oral Diagnosis and Treatment, p.372, 2nd ed, 1946.
- 8) McGehee, W.H.: The Text-Book of Operative Dentistry, p.685, 2nd ed, 1936.
- 9) Sterling V.Mead.: Diseases of the Mouth, p.401, 5th ed, 1940.
- 10) Seltzer, S. and Bender, I.B.: The Dental Pulp, p.259, J.B.Lippincott, 1965.
- 11) Peyton, E. A.: Response to shaping cavities with modern high-speed instruments, New York J.Dent., 28:262, 1958.
- 12) Van Huysen, G. and Gurley, W.B.: Histologic changes in teeth of dogs following preparation of cavities of various depths and their exposure to oral fluid, J.A.D.A., 26:87, 1939.
- 13) Bernier, J.L. and Knapp, M.J.: A New Pulpal response to high-speed dental instruments, O.S., O.M. & O.P., 11:167, 1958.
- 14) Shovelton, D.S. and Marsland, E.A.: A Further Investigation of Effect of Cavity Preparation on the Human Dental Pulp, Brit.D.J., 105:16, 1958.
- 15) Langeland, K.: Pulp reactions to resin cements, Acta Odont. Scandinav, 13:239, 1955.
- 16) B. Nygaard-Östby.: Pulp reaction to direct filling resins, J.A.D.A., 50:7, 1955.
- 17) Zander, H.A.: The Reaction of dental pulps to silicate cement, J.A.D.A., 23:1233, 1946.
- 18) Seltzer, S., Bender, J. B. and Kaufman, I. J.: Histologic Changes in dental pulps of dogs and monkeys following application of pressure, drugs, and micro-organisms on prepared cavities, O.S., O.M. and O.P., 14:327, 1961.
- 19) Zander, H., and Burill, E.Y.: Penetration of silver nitrate solutions into dentin, J.D.Res., 22:85, 1943.
- 20) Englander, H.R., James, D.E., and Massler, M.: Histologic effects of silver nitrate on human dentin and pulp, J.A.D.A., 57:621, 1958.
- 21) Thomas, B. O. A.: Penetration of phenol in tooth structure, J.D.Res., 20:435, 1941.
- 22) Lefkowitz, W., and Bodecker, C. F.: Sodium fluoride: Its effects on dental pulp, Ann.Dent., 3:141, 1945.
- 23) Langeland, K.: Tissue Changes in the dental pulp; an Experimental histologic study., Odontol Tidskr., 65:230, 1957.

- 24) Langeland, K. : Histologic evaluation of pulp reactions to operative procedures; O.M., O.S., & O.P., 12:1235, 1959.
- 25) Swerdlow, H., and Stanley, H.R., Jr.: Reaction of the Human Dental Pulp to Cavity Preparation. I. Effect of Water Spray at 20,000 rpm, J.A.D.A. 56:317, 1958.
- 26) Marsland, E.A., and Shovelton, D.S. : Effect of cavity preparation on the human dental pulp, Brit. D.J., 102:213, 1957.
- 27) Tylman, S. : Crown and Bridge Prosthesis, p. 100, Mosby, 1947.
- 28) Grossman, L.I. : Endodontic Practice, p.33, 6th ed, 1965.
- 29) Seltzer, S., and Bender, I.B. : Inflammation in the Odontoblastic Layer of the Dental Pulp, J.A.D.A., 59:720, 1959.
- 30) Langeland, K. : Tissue Changes in the Dental Pulp, Oslo, Oslo Univ. Press. 1957.
- 31) Brännström, M. : Dentinal and Pulpal Response. III. Application of an Air Stream to Exposed Dentin. Long Observation Period. Ibid., p.232~235.
- 32) Stanley, H.R., and Swerdlow, H. : Aspiration of Cells into Dentinal Tubules, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 11:1007, 1958.
- 33) Seltzer, S. and Bender, I.B. : The Dental pulp, p.93~100, J.B. Lippincott, 1965.

— EXPLANATION OF FIGURES —

Fig. 1 : Photomicrograph of the pulp tissue of control group. It shows normal predentin layer and some interodontoblastic vacuoles.

Note the inflammatory cell infiltrations beneath the odontoblastic layer and slightly dilated blood vessels. (10×15)

Fig. 2 : Photomicrograph of the case of 5°C for 1 minute. It shows many interodontoblastic vacuoles and some reticular atrophy beneath the odontoblastic layer, also severely dilated blood vessels. (10×15)

Fig. 3 : Photomicrograph of the pulp tissue under the condition of 0°C for 1 minute.

It shows moderate reticular atrophy beneath the odontoblastic layer with many interodontoblastic vacuoles.

Note the pyknosis of odontoblasts. (10×15)

Fig. 4 : Photomicrograph of the pulp irritated under -5°C for 1 minute.

It shows slightly decreased width of predentin layer.

The pulpal connective tissue shows edematous change and, dilated and congested blood vessels. (10×15)

Fig. 5 : Photomicrograph of the pulp irritated under the condition of -10°C for 2 minutes.

It shows irregular width of predentin layer and severely vacuolized odontoblastic layer.

The pulpal connective tissue is reticular-atrophied and some of blood vessels are destroyed. (10×15)

Fig. 6. : Photomicrograph of the pulp damaged under -70°C for 2 minutes.

The odontoblastic layer, pulpal connective tissue and blood vessels are fully destroyed. (10×15)

— 曹 圭 澄：論 文 寫 真 附 圖 —

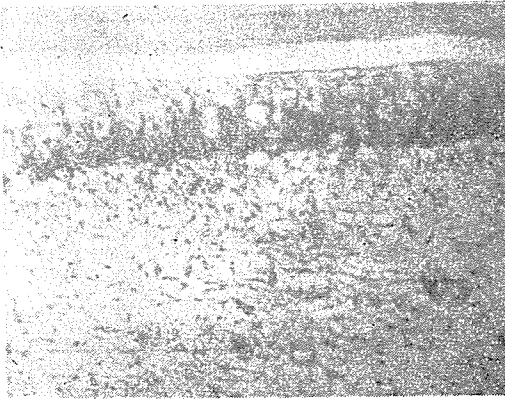


Fig. 1.

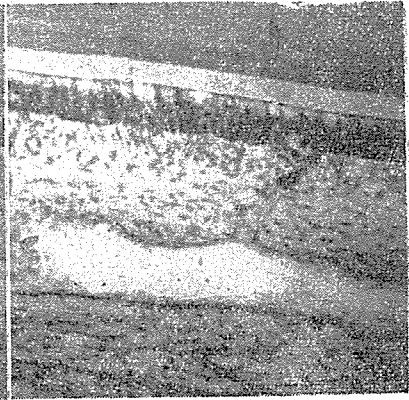


Fig. 2.

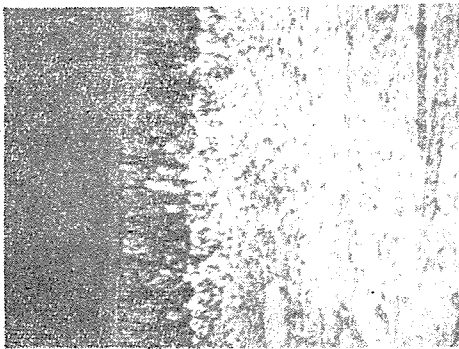


Fig. 3.

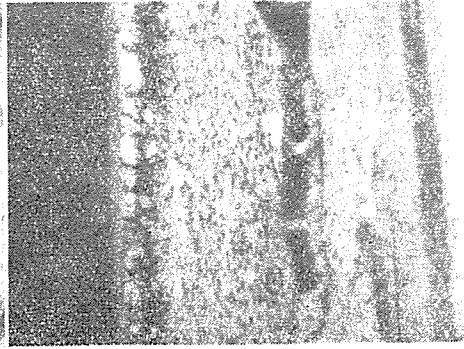


Fig. 4.

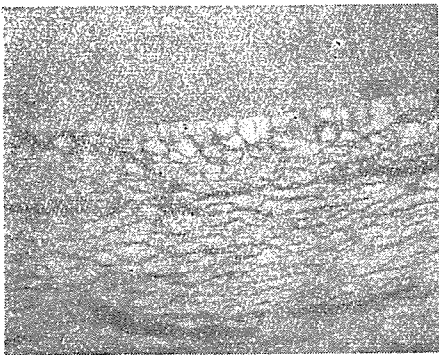


Fig. 5.

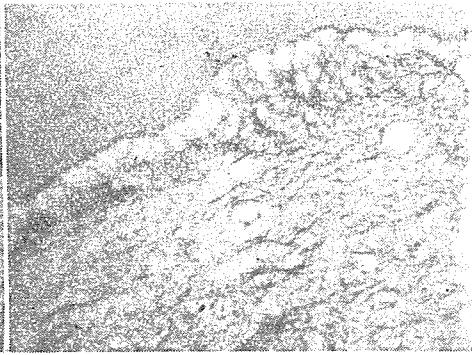


Fig. 6.