琺瑯質의 酸脫灰에 關한 實驗的 硏究

서울大學校 大學院 齒醫學科 保存學 專攻

(指導敎授 李 鳴 鍾)

閔 丙 德

— 目 次 —

Ⅰ. 緖 論
Ⅱ. 實驗材料 및 方法
Ⅲ. 實驗成績
Ⅳ. 總括 및 考按
Ⅴ. 結 論
參考文獻
寫眞附圖 및 說明

Ⅰ. 緖 論

最近 많이 使用되고 있는 酸腐蝕 方法은 Buonocore[1]가 처음으로 琺瑯質 表面에 燐酸으로 処理하고 아크릴릭 레진 材料를 使用하여 接着力이 增加되었다는것을 発表한 後부터 여러 学者들에 依하여 硏究되어 왔다.

琺瑯質은 象牙質 表面에서 琺瑯質 表面에 이르는 柱状 構造物인 小柱와 各 琺瑯質 小柱 사이의 小柱間質로 되어 있으며, 化学的 構造 는 Hydroxyapatite ($Ca_{10}(Po_4)_6(OH)_2$)이다.

小柱는 六角柱, 扁形柱 그 外 不定多角形을 이루고 있으며, 直径은 5～7μ이고, 象牙 琺瑯 境界面에서 약간 커진다. 그 構造는 髓質, 皮質, 小柱鞘로 나누어진다. 小柱를 縱断面에서 観察하면, 石灰化가 良好한 곳과 不良한 곳이 反復되는 横紋을 볼 수 있다.

横紋은 約 4～10個마다 石灰化가 不良한 곳이 생기며, 이것이 Retzius線을 만든다. 小柱는 象牙質 表面에서 垂直으로 琺瑯質 表面까지 直線, 曲線으로 配列되어 있다.

酸腐蝕 方法은 琺瑯質에 窩洞을 形成하지 않고接着性 增進을 図謀하기 위한 方法으로써, 腐蝕 表面의 類型을 Silverstone[2]等은 3가지 型으로 区分하였다.

第一型 : 가장 흔히 볼 수 있는 型으로 琺瑯稜柱 中心部 物質이 脫灰 除去되나 辺緣은 그대로 残存하는 境遇.

第二型 : 第一型과 反対로 辺緣部位가 먼저 除去되고 中心部는 그대로 残存하는 境遇.

第三型 : 特定部位에 選択的으로 나타나지 않고 任意 部位에 脫灰 現像이 나타나는 境遇.

以上 3가지型이 腐蝕된 琺瑯質의 同一標本에서 나타나는 境遇, 이것은 酸液의 作用에 依해서 琺瑯質이 単一한 모습으로만 形成되어 있지 않기 때문이다. Gwinnett[3]도 Silverstone과 類似한 所見을 記述하고 있는 바, 中心部로 부터 内容物이 大概 빠져 나가는 型이 主로 많이 나타났고, 辺緣으로 부터 消失되는 境遇는 보다 적게 나타났고 또 中心部나 辺緣의 消失이 같이 나타나는 境遇가 있었다고 報告하였다.

腐蝕된 表面은 接着 強度에 相当히 重要하며 레진이 琺瑯質 突起 周囲에 接着하여 維持装置의 役割을 하는 것으로 生覚된다.

修復 레진이 腐蝕된 琺瑯質 表面의 突起内로 浸透되어 重合되는 것이다.

이 過程을 観察하면 琺瑯質과 레진이 化学的 結合이 아니고 機械的 結合임을 알 수 있다.

레진으로 修復된 歯牙 試片을 観察하면 레진이 琺瑯質 内에 多少 不規則하게 浸透되었음을 알 수 있다.

Gwinnett와 Matsui[4]는 酸処理한 歯牙 表面에 接着 레진이 琺瑯質의 突起나 空間 사이로 잘 흘러 갈 수 있다는 것을 報告하였고, Buonocore[5]는 色素와 同位原素의 浸透 硏究를 観察한 바 있다.

Houwink[6], Patrick[7], Zisman[8], Kaeble[9], Weiss[10]等은 레진과 腐蝕 齒質의 機械的인 相互 結合은 不規則하고 粗雜한 表面에 結合材料가 浸透되어 이루어 진다고 報告하였다.

Bowen[11]은 레진 突起가 腐蝕 結合에 成功을 左右시키며 萬一 突起가 없으면 結合이란 用語보다 附着이란 말이 適合하다고 報告하였다.

따라서, 現在 使用하는 修復物·세멘은 前述한 方式으로 齒牙表面에 附着되어 있는 것이다.

各各 材料의 接着力에 影響을 주는 因子들은 湿気의 汚染, 酸의 濃度 그리고 Nuva의 境遇 紫外線의 強度에 따라 差異가 있다.

湿気의 汚染은 約 70% 接着力을 減少시키고, 酸의 濃度에 따라서는 若干의 差異가 있으나 紫外線의 強度에 따라 큰 影響을 주었다.

흔히 使用되는 境遇로는 小窩나 裂溝의 修復이며 이것은 機械的이고 物理的인 保護膜을 形成함으로써 齲蝕을 誘発하는 菌이나 物質의 機能을 遮断시키는 것이다.

過去에는 口腔衛生을 清潔히 하고 弗素塗布, 알맞은 飮食을 強調하였으나 咬合面 齲蝕을 豫防할 수는 없었다.

Hyatt[12]는 이 問題를 解決하는데 있어서 窩洞을 形成하고 모든 溝와 裂溝에 아말감 充填을 하였다. 이것이 有名한 "Prophylactic Odontomy"이고 이 方法이 現在에도 많이 利用된다.

Bodecker[13]는 琺瑯質 裂溝에 飮食物 残渣가 存在할 만한 날카로운 部位를 機械的으로 넓고 둥근 通路를 만들어 液을 塗布함으로서 齲蝕을 根絶시키는 方法을 報告하였다.

Hyatt의 "Prophylactic Odontomy"나 Bodecker의 琺瑯質裂溝 修正은 齲蝕이 感染되기 쉬운 部位를 없애기 위해 健全한 齒質을 削除해야만 한다는 短点이 있었다.

上水道 弗素化가 齲蝕発生率 減少에 貢献한 것은 널리 認定되며, Ast[14] 等이 発育期 児童을 年齢別로 実験한 結果 50~60%의 齲蝕 発生率이 減少되었음을 報告하였다.

弗素塗布에서는 溝나 裂溝의 齲蝕을 数年 程度 予防할 수 있을뿐 永久的 予防은 不可能한 것이다. 그러므로 小窩나 溝에 対한 修復物만이 齲蝕減少에 決定的 効果를 얻을 수 있다고 思料된다.

裂溝 修復이 成功하느냐 失敗하느냐는 患者 齒牙의 清掃·腐蝕·洗滌·腐蝕된 琺瑯質의 乾燥·레진의 混合·修復物 附着等 이 모든것 하나하나가 重要한 因子가 된다. 時間도 成敗의 한 要因으로 普遍的인 것은 腐蝕 60秒, 洗滌 30秒, 齒牙 表面乾燥 及 修復剤混合 30秒, 修復剤 附着 30秒, 重合作用 60秒, 都合 3分 30秒 程度가 좋다고 하였다.

使用部位를 보면 齲蝕齒로 移行되는 臼齒의 깊은 溝나 裂溝 또는 작은 齲蝕이 疑心스러운 裂溝 그리고 全身障碍가 있는 患者로 正常的인 口腔衛生을 維持할 수 없을 때 使用하였다.

使用不可能 部位로는 未来에 再発될지도 모르는 齒間의 隣接面에 甚한 齲蝕이 있을 때, 或은 둥글고 얕은 裂溝가 存在할 때이다.

前齒의 辺縁部의 破切 及 齲蝕에 使用되는 境遇에는 紫外線 処理이건 自動重合이건 間에 두 가지 基本的인 方法이 있다. 첫째로 齒牙에 아무 形成도 않고 脣側 舌側으로 複合 레진을 齲蝕이 없는 部位까지 延長 被覆 処理하는 方法이고, 둘째로 破切된 部位의 琺瑯質縁에 窩縁을 形成하여 施行하는 Jordan[15] 等의 方法과 類似한 것이다.

消失된 齒牙間隔의 原形 回復의 境遇, 維持装置를 만들어 隣接齒牙에 酸腐蝕 方法으로 連結하였다. 前齒는 修復材 만으로 可能하나 臼齒 咬合面에 充填物이 있는 境遇 充填物을 除去하고 32gauge 철사를 挿入하여 修復하여 주면 脱落 防止에 도움이 된다고 하였다. 先天的 形態 異常齒牙 修復用으로 使用되며 特히 上顎前齒의 形態 異常 例의 修復에 使用되었다.

外傷性 損傷時 齒牙 固定 目的으로 使用될 수 있다. 動揺 齒牙의 固定은 紀元前 8世紀頃 Etrucans가 철사를 使用하면서부터 始作되었으며, 이 方法은 現在까지 많이 使用되고 있다.

다른 方法으로는 矯正 band와 레진을 使用하였다. 이것은 技工操作이 必要없으며 装着하는 동안 齒牙에 損傷을 減少시키고 審美的이며 周囲 組織을 保護하게 되는 것이다.

Cohen과 Chacker[16]가 齒周 疾患 治療에서, attachment装置의 大部分 損傷 時, 臨時的으로 安定을 図謀하기 위하여 人工的 維持를 주어 健康한 齒牙와 骨 関係를 새롭게 維持하도록 하였다. 그 機能을 보면 첫째, 보다 良好한 咬合 関係를 얻어 動揺하는 齒牙가 그 以上 損傷을 받지 않게 保護하기 위해서이고 둘째로, 齒牙 周囲 組織의 破壊를 防止하기 위하여 咬合圧을 分散시켜 주며 셋째로, 病変의 拡散을 防止하는 長点이 있다.

가장 理想的인 臨時 固定裝置는 刺戟이 없어야 하며 審美的이고 発音에 異常이 없도록 製作하여야 한다.

保隔裝置에도 使用되며 Swaine과 Wright[17]는 環狀으로 隣接面에 接着시켜 이 裝置를 만들어 臨床齒冠이 짧을 境遇에 使用하였다.

乳齒의 境遇 金冠을 裝着할 必要없이 頰側에 約 2㎜의 金属片을 酸腐蝕 方法으로 裝着하여 使用하였다.

矯正裝置에도 널리 使用되며 새로이 開発된 材料들이 過去의 複雜하던 裝置를 間単하게 만들어 滿足한 結果를 얻게 되었다.

Silverstone[18]은 30%의 燐酸으로 齒牙面을 腐蝕함으로써 band裝置를 省略하고 bracket만을 直接齒牙面에 附着하도록 하였다. 레진 bracket의 利点은 審美的이고 金属으로된 bracket보다 接着力이 強하며 清掃하기에 便利하다.

Zachrisson[19]은 普遍的인 band를 使用하여 発生하는 隣接面齲蝕은 結合力 底下를 招来케 하는 바 弗素 補助剤를 使用하여 維持力을 強하게 하는 方法을 発表하였다.

硬組織에 레진을 成功的으로 結合시키기 위해서는 齒牙 表面을 酸液으로 腐蝕시키는 것이 必要한 條件이다. 最近 많이 利用되고 있는 接着剤들은 齒牙 表面에 어떤 処置도 行하지 않고 永久的으로 附着하게는 할 수 없다는 것은 대단히 注目할 만한 事実이다.

Nelson, Wolcott와 Paffenbarger[20]는 레진 充填에서의 辺緣浸透로 脱落되는 修復物의 缺点에 対하여 集中的인 研究를 하였다.

레진 充填物과 窩洞壁의 接着이 잘 안되는 問題를 克服하기 위해서 보다 強力한 Epoxy 레진이 使用되었다.

Phillips와 Ryge[21], Austin, Wilsdorf와 Phillip[22]等은 齒牙의 形態와 反応力 가장 適合한 接着体制를 調査 発表하였다.

이와같은 接着 充填剤는 窩洞壁의 辺緣 封鎖를 完全히 維持하며 唾液 細菌等이 窩洞 内로의 漏入을 予防하며 齒髓의 損傷을 減少시키고 第二次 齲蝕을 予防하며 또한 齒苔의 形成을 防止하고 齲蝕의 罹患部位까지 予防하는데 利用되었다. 다른 学者들은 口腔外科에서 臨床的으로 軟組織을 縫合없이 接合하는데 利用하였다. 即 齒牙 移植時 組織接着의 増進이 周囲의 齒齦 縫合에 相当히 重要한 関係가 있다고 하였다.

過去 数年동안 接着剤 理論의 熟考할 만한 進歩에도 不拘하고 臨床 分野에 있어서 適合한 接着剤는 아직 発見되지 않았다.

Buonocore[1]는 辺緣의 接着力을 増進시키기 위해 85% 燐酸을 使用하여 齒牙 琺瑯質 表面을 腐蝕한 結果 接着이 잘 될수 있는 琺瑯質 表面을 얻었으며, 溝와 裂溝에 레진을 適用하고 난 後 維持力이 増加함을 確認하였다.

그는 向上된 接着力을 腐蝕된 齒牙表面 때문이라고 하였다.

Schwarz와 Galligan[23]은 接着力 있는 修復物이 連結子의 媒介体를 通하여 削除된 齒牙 表面에 달라붙는 다리 役割이나 連結因子로써 作用하는 여러 材料를 調査하였다.

Buonocore[24], McCune[25]等, Rock[26], Schroder and Holst[27]는 溝나 裂溝의 齲蝕 予防을 위하여 臨床 実験을 한 結果 附着剤의 層은 어느 程度 保存되었고 咬合面의 感染率이 減少되었다고 報告하였다.

L. D. Caulk Co.에서 紫外線으로 레진의 重合을 促進 시켜주는 Nuva System을 紹介하였고, Nuva Seal로써 修復 六個月 또는 一年間 観察한 結果, Rock[26]에 依해서 처음 試図된 境遇에서는 約 半以上 例에서 損失되었다고 報告하였으며, Schroder and Holst[28]가 두번째의 臨床 試図에서 六個月 後 検査한 結果 修復物 消率이 30%－4%로 減少되었음을 観察하였고 其後 Rock[29]의 紫外線 源인 Nuva-Lite의 새로운 型을 使用한 結果 一年後 14%로 減少 되었다고 報告하였다. 이 結果로 臨床的인 面에서 酸腐蝕 方法이 修復物 維持에 大端히 重要하다는 것이 確認되었다.

Gwinnet와 Buonocore[30]는 燐酸液으로 実験한 結果 酸濃度가 크면 琺瑯質 表面이 보다 적게 腐蝕된다는 事実을 発見하였다.

最近 Silverstone[31]은 Orthophosphoric酸을 使用하였을 때 酸強度와 琺瑯質 表面 変化에 可逆的인 相互 関係를 確認하였고 가장 重要한 것은 弱酸에서 組織学的인 깊이의 変化가 가장 크다는 것을 発見하였다.

30% 燐酸으로 齒牙 表面인 琺瑯質을 酸腐蝕하였을 때 etched zone이 10μ, qualitative porous zone은 20μ, quantitative porous zone은 20μ 모두 50μ의 깊이가 腐蝕되었음을 観察하였으며, 理想的인 酸은 齒牙 表面 形態에 가장 적은 変化를 주

고 組織学的으로 볼 때 가장 깊이가 깊어야 良好하다는 結論을 내렸다.

本実験은 臨床에서 主로 使用하는 燐酸 外에 塩酸, 黄酸, 窒酸, 蓚酸, 蟻酸, 枸櫞酸 및 燐酸亜鉛 세멘液이 歯牙琺瑯質의 稜柱中心部, 稜柱辺縁 部位中 어느곳을 腐蝕시키고, 어떤 酸이 良好한 腐蝕効果를 나타내는지 走査電子顕微鏡을 利用하여 観察한 바 이에 報告하는 바이다.

Ⅱ. 実験 材料 및 実験 方法

1. 実験 材料

本 実験에서는 観察이 容易하고 簡単한 実験 試片을 얻기 為하여 最近 歯周疾患이나 補綴目的으로 抜去한 18~25歳 患者의 上顎 前歯 91個를 実験対象으로 하였고, 歯牙 表面 腐蝕剤로는 燐酸, 黄酸, 窒酸, 塩酸, 蓚酸, 蟻酸, 枸櫞酸等을 各各 10%·30%·50%로 稀釈한 것과 燐酸亜鉛 세멘液(Lee Smith Co.)을 使用하였다.

2. 実験 方法

抜去한 上顎 前歯의 表面에 附着되어 있는 軟組織과 歯石 飲食物 残渣를 除去하고 洗滌한 後 生理的 食塩水에 保管하였다.

実験時 歯冠 臀面을 流水에 洗滌하고 pumice (浮石)로 研磨 後 물로 再洗滌하고 歯牙 切端 1/3 部位에 넓이 2㎜×2㎜, 두께 約 2㎜되게 high-speed-bur (water spray 下에서)로 切断하여 試片으로 하고 7種 試薬(酸)을 濃度別로 10個 試片과 燐酸 亜鉛液에 対한 試片 10個를 洗滌後 湿気나 기름에 汚染되지 않은 圧縮 空気로 乾燥하였다.

모든 試片은 酸이 浸入되는 것을 防止시키기 為하여 試片 後面을 wax로 包埋(coating)하였다.

各 酸当 10個씩 製作한 試片들을 練板 上에 놓고 上記 酸溶液 一滴(約 0.3ml)을 滴下하여 2分間 各各 腐蝕시킨 後 流水로 洗滌하고 圧縮 空気로 乾燥시켰다.

完成된 試片을 走査電子顕微鏡에서 観察하기 為하여 conductive silver paint로 specimen mount에 附着 시키고 JFC-1,100 vacuum apparatus 에서 金으로 被複하고 走査電子顕微鏡(SEM. JSM / 35 resolution 70A°) 下에서 腐蝕表面을 1000倍와 3000倍로 拡大하여 観察하였다.

Ⅲ. 実験 成績

本 実験의 試薬別로 본 結果는 다음과 같다.

1) 燐 酸

燐酸 10% 溶液의 例:

琺瑯稜柱 辺縁은 残存하여 多角形의 말굽 模様을 나타내고 稜柱 中心部가 一部는 消失되어 벌집模様을, 一部는 不規則한 円錐形突出을 9個 試片에서 나타냈으며 1個 試片에서는 形態 不明이었다. (Fig.1)

燐酸 30% 溶液의 例:

稜柱 辺縁은 消失되고 稜柱 中心部는 不規則한 円錐形 突起를 10個 試片에서 모두 観察할 수 있었다. (Fig.2)

燐酸 50% 溶液의 例:

稜柱 中心部와 辺縁은 残存하고 中心部와 辺縁間이 部分的으로 消失되었음이 9個 試片에서 観察되었고 1個 試片에서는 不分明하게 나타났다. (Fig.3)

2) 黄 酸

黄酸 10% 溶液의 例:

10個 試片에서는 물·꽃 模様의 크고 작은 結晶体로 덮여 있었다.(Fig.4)

黄酸 30% 溶液의 例:

全 琺瑯質 表面에 均一하게 腐蝕되어 大·小 陥没을 나타냈고, 9個 試片에서 琺瑯稜柱는 区別하기 困難하게 観察되었으며 1個의 試片에서는 模様이 不分明하게 나타났다. (Fig.5)

黄酸 50% 溶液의 例:

9個 試片에서는 辺縁은 残存되었고 稜柱 中心部만 消失된 模様이었고 1個 試片에서는 不分明한 像을 나타냈다. (Fig.6)

3) 窒 酸

窒酸 10% 溶液의 例:

腐蝕表面에서는 稜柱中心部와 稜柱辺縁間이 消失되고 辺縁의 多角形 말굽模様突起와 中心部의 不規則한 円錐形이 10個 試片모두에서 観察되었다. (Fig.7)

窒酸 30% 溶液의 例:

辺縁은 残存하고 中心部가 窒酸 10% 溶液보다

더 溶解된 狀態가 9個 試片에서 나타났고 1個 試片은 不分明하게 觀察되었다. (Fig.8)

窒酸 50% 溶液의 例:

辺緣은 完全 消失되고 中心部에 不規則한 円錐形 突起만 10個 試片에서 觀察되었다. (Fig.9)

4) 塩 酸

塩酸 10% 溶液의 例:

9個 試片에서는 稜柱 中心部는 不規則한 突出을 나타내고 稜柱 辺緣은 部分的으로 消失되었으며, 1個 試片에서만 不分明 하게 나타났다. (Fig.10)

塩酸 30% 溶液의 例:

稜柱中心部는 不規則한 円錐形 突出을 나타내고 辺緣은 完全 消失된 것이 모든 試片에서 觀察되었다. (Fig.11)

塩酸 50% 溶液의 例:

9個 試片에서 稜柱 中心部가 消失되어 平坦한 形態가 觀察되었으며, 1個 試片에서는 模様이 不分明하였다. (Fig.12)

5) 蓚酸

蓚酸 10% 溶液의 例:

9個 試片에서는 稜柱辺緣에 多角形의 말굽模様인 突出이 나타났고, 稜柱 中心部는 腐蝕된 大·小 空洞이 觀察되었으며 1個 試片에서는 不分明하게 나타났다. (Fig.13)

蓚酸 30% 溶液의 例:

稜柱辺緣에 말굽模様의 大·小 陷没이 나타났고 稜柱 中心部는 10% 溶液에 比하여 陷没들이 消失되었음이 10個 試片에서 觀察되었다. (Fig.14)

蓚酸 50% 溶液의 例:

10個의 모든 試片에서 辺緣은 残存하고 稜柱 中心部가 消失되어 가는 陷没의 出現이 觀察되었다. (Fig.15)

6) 蟻酸

蟻酸 10% 溶液의 例:

9個 試片에서 中心部位가 若干 溶解되었고, 1個 試片에서 不分明한 像이 觀察되었다. (Fig.16)

蟻酸 30% 溶液의 例:

10% 溶液과 同一하게 8個 試片에서 琺瑯稜柱 中心部가 若干溶解되었고, 2個 試片에서는 不分明하게 나타났다. (Fig.17)

Table I. Surface morphology of acid etching tooth surface

Acid / % / Type	Phosphoric acid			Sulfuric acid			Nitric acid			Hydro-chloric acid			Oxalic acid			Formic acid			Citric acid			Z.P.C liquid
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
Preferential removal of prism core	9		9			9	10	9					9		10	9	8	9		9	10	10
Preferential removal of prism periphery		10							10	9	10			10								
No resemble to the enamel morphology					9							9										
Uncertain	1		1	10	1	1		1		1		1	1			1	2	1	10	1		

蟻酸 50% 溶液의 例:

9個 試片에서 琺瑯稜柱가 消失되어 不規則한 円錐形 像을 나타냈고 1個試片은 不分明하게 나타났다. (Fig.18)

7) 枸櫞酸

枸櫞酸 10% 溶液의 例:

10個 試片에서는 稜柱辺緣과 中心部가 区別이 不可能하였다. (Fig.19)

枸櫞酸 30% 溶液의 例:

9個 試片에서는 辺緣은 残存하고 中心部가 消失되었고, 1個 試片에서는 不分明하게 観察되었다. (Fig.20)

枸櫞酸 50% 溶液의 例:

10個 試片 모두 稜柱 中心部는 消失되었고 辺緣은 植物葉像으로 残存하였다. (Fig.21)

8) 燐酸亜鉛液:

燐酸亜鉛液의 境遇 稜主 辺緣은 残存하고 稜柱中心部가 若干消失된 像을 나타냈다. (Fig.22)

Ⅳ. 総括 및 考按

本実驗에서 酸의 種類, 濃度에 따라 腐蝕된 琺瑯質 表面에 差異가 나타났다. 이는 Myers[32] 等과 Silverstone[33] 이 琺瑯質 表面의 脱灰効果는 酸液의 濃度, 酸液에 露出된 時間과 関係가 있다고 報告한 것과 一致하였다.

燐酸 10% 溶液에서 Silverstone 等은 腐蝕表面에 小泡들이 多数 出現하였다고 報告한 反面 本実驗에서는 腐蝕이 進行하여 琺瑯質 稜柱 中心部位가 消失되었고, Silverstone의 30% 燐酸 溶液에서 出現하는 琺瑯稜柱 中心部位가 消失된 벌집模様(honey-comb)의 形態이였지만 本実驗에서는 琺瑯稜柱 辺緣이 消失된 状態이었다. Siverstone의 60%燐酸 形態는 本実驗의 50%燐酸 腐蝕像과 類似하였다.

反面, Silverstone이 30%燐酸으로 二分間 腐蝕시킨 結果와 本実驗의 結果는 一致하였다.

위 結果 本実驗에서는 酸에 露出時間을 2分으로 하였으므로 一分間 腐蝕한 것보다 琺瑯質 深層까지 浸透되었다고 思料된다.

Poole과 Johnson[34] 은 酸溶液이 優先的으로 稜柱中心部를 溶解시켰다고 報告하였고 Silverstone 等은 稜柱 中心部가 溶解된 것을 基本形으로 報告하였다. 이는 많은 学者들이 低濃度에서 高濃度까지의 燐酸溶液만을 主로 使用하여 琺瑯質表面을 腐蝕하였기 때문이라 思料된다.

本実驗에서는 燐酸10%.50%, 黄酸 50%, 窒酸10%, 30%, 蓚酸 10%·50%, 蟻酸 10%.30%.50%, 枸櫞酸30%. 50%溶液과 燐酸亜鉛液에서 琺瑯質中心部位가 溶解되고 辺緣은 残存한 像을 나타내었고 燐酸 30%, 窒酸 50%, 塩酸10%. 30%, 蓚酸 30% 溶液에서는 稜柱 中心部는 残存하고 稜柱辺緣이 消失된 像이 観察되었다.

黄酸30%, 塩酸 50% 溶液에서는 任意部位에 腐蝕이 나타났고, 黄酸 10%, 枸櫞酸 10% 溶液에서는 外形 区別이 不可能하였다.

酸溶液이 歯牙表面을 腐蝕시키는데에는 두 가지 形態가 있다.

첫째, 琺瑯質의 外層이 腐蝕으로 除去된다. 即, 琺瑯質 表面에 있는 結晶体를 化学的으로 除去시키며 残存硬組織과 레진間 結合을 増進시키는 것이다. 酸으로 処理하지 않은 歯牙의 表面이 接着剤가 附着하지 않는 큰 原因은 琺瑯質 表面에 有機表皮(cuticle)가 있기 때문이다.

둘째, 腐蝕酸에 依하여 有機 表皮層이 除去되고 歯牙面이 腐蝕되어 残在 琺瑯質 表面이 酸溶液에 依하여 突起를 形成하게 된다.

이 突起를 通하여 레진이 浸透되고 琺瑯質과 結合 될수 있게하여 준다.

本実驗에서 琺瑯稜柱의 各部分들은 各各의 酸에 依해서 相異하게 溶解되어 数많은 작은 突起를 生成하였다.

Gwinnett[35] 는 数種酸의 琺瑯質 腐蝕効果를 比較観察한 바 塩酸이 가장 큰 効果를 나타내었고, 燐酸, 枸櫞酸의 順이었다고 報告하였다.

本実驗에서는 10%燐酸 溶液이 가장 큰 効果를 나타내었고, 黄酸 50%, 窒酸 10%·30% 溶液, 蓚酸 10% 溶液 順으로 観察되었다.

本実驗의 30% 塩酸溶液 腐蝕表面이 Silverstone 30% 燐酸 処理 表面과 類似하였고 本実驗에서 50% 塩酸 処理例는 琺瑯稜柱中心部와 琺瑯稜柱辺緣이 均一하게 腐蝕된 反面 Mortimer[36] 는 2N HCl로 1分間 腐蝕한 結果 稜柱中心部는 溶解 되고 辺緣은 残存하였다고 報告하였다.

Dennison[37] 이 50% 枸櫞酸으로 1分間 腐蝕한 琺瑯質 表面과 本実驗에서 30%枸櫞酸으로 処理한 表面과 類似하였다. 이는 時間의 差異때문이라고 思

料된다.

本実驗에서 10% 黃酸으로 腐蝕한 試片을 觀察하면 꽃 模樣이 나타났다.

Smith와 Cartz[38]는 이 模樣을 石膏와 類似한 殘餘黃酸塩이온이 雜多하게 增殖되어 形成된 것이라 하였고, 이 이온은 接着力을 若干 增進시켜주며, 石灰化 組織의 表面에 対하여 結合機転을 可能하게 한다고 報告하였다.

30% 黃酸溶液에서는 꽃 模樣이 消失되고 小陷没들이 全琺瑯質表面에 均一하게 나타났다. 이는 濃度가 增大되어 齒牙表面 第一外層에 附着되어 있는 黃酸塩 이온이 溶解되고 琺瑯質 表面이 酸溶液에 腐蝕된 것으로 思料된다.

Sheykholeslam과 Buonocore[39]는 乳齒 琺瑯質은 無稜柱層으로 形成되어 있어서 레진 突起가 浸透하는 것을 妨害한다고 報告하였고, Hinding과 Sveen[40]은 燐酸으로 咬合面을 腐蝕한 結果 乳齒보다 永久齒의 琺瑯質 表面 溶解가 多量으로 이루어졌음을 觀察하였다.

永久齒는 一分間, 乳齒는 二分間 腐蝕시켜 表面을 觀察한 結果 乳齒와 永久齒는 類似한 腐蝕 狀態가 나타났다고 報告하였다.

乳齒는 無機物 含量이 永久齒보다 낮다. Angmar, Carlstrom, Glas[41] 等은 永久齒에서 最高 92%의 無機物을 検出한 反面, Mortimer[42]는 乳齒에서 最低 80.6%의 無機物을 発見하였다. 乳齒는 永久齒보다 有機物을 더 内包하고 있기 때문에 永久齒와 같은 形態로 腐蝕시키려면 時間을 延長하여야 한다고 思料된다.

本実驗에서 年齡을 18~25歲로 制限한 것은 年齡에 따라, 腐蝕形態가 달라지는 것을 防止하기 為해서였다.

Silverstone[43]은 30% 燐酸溶液으로 1分間 腐蝕한 後 修復物을 齒牙表面에 接着한 結果 良好한 維持力을 얻었음을 觀察하였고, Rock[44]도 30% 燐酸의 腐蝕効果가 50% 燐酸으로 処理한 것보다 抗張結合 強度가 增加하였다고 報告하였다.

本実驗에서도 大部分 酸들이 30%에서 腐蝕効果가 比較的 增大되었음이 觀察되었다.

臨床家들은 酸으로 腐蝕시킨 後 齒牙表面에 悪影響이 생기지 않을까에 関하여 疑心을 가져왔다.

Arand[45]는 臨床実驗에서 腐蝕된 齒牙表面의 再石灰化 (Remineralization)는 約 96時間에서부터383時間 内에 이루어진다는 것을 報告하고 있다.

Silverstone[46]도 24時間 以内에 酸으로 腐蝕된 곳에 有機 및 無機物이 沈着되어 正常으로 恢復되었다고 하였고, Tison[47]은 齒牙 表面의 損傷 基低部位에 酸腐蝕을 実驗한 結果 再石灰化가 相当히 빠르게 된다는 것을 觀察하였고, Buonocore[1]는 85% 燐酸을 使用한 結果 数日 後에 若干의 光沢이 消失된 것 外에는 正常的인 琺瑯質 表面으로 恢復된 것을 報告하였다.

Sognnaes[48]는 원숭이에 枸櫞酸으로 腐蝕한 後에 再石灰化가 惹起된 것을 觀察하였고, Muhlemann[49]等은 腐蝕된 琺瑯質의 特徵的인 琺瑯質 稜柱의 모습이 2日~48日内에 恢復된 것을 報告하였고, Lee[50]等은 50% 枸櫞酸으로 生体 実驗한 結果 72時間内에 再石灰代가 完全히 形成된 것을 觀察하였고, Retief[51]等은 50% 燐酸溶液으로 齒牙 琺瑯質에 酸処理한 後 七日内에 再石灰化가 惹起된 것을 報告하였다.

Albert와 Grenoble[52]은 50% 燐酸으로 乳齒에 対하여 酸腐蝕한 結果 칼슘과 燐은 1時間内 沈着되고 再石灰化는 96時間内에 完了되었음을 觀察하였고, 脱灰가 된 齒牙 表面은 48時間 以内에 再生이 이루어지고 弗素 塗布가 된 境遇에는 酸処置時 琺瑯質 溶解가 妨害되고 再生이 容易해 진다고 Hoffman[53]은 報告하였다.

Handelman[54]은 齲蝕 部位에 不注意로 腐蝕剤를 接触시킨 경우 2年後에 菌数가 減小되는 結果를 얻었음을 報告하였다.

以上의 結果로 著者는 腐蝕된 表面의 再石灰化는 憂慮가 없다고 思料된다.

여러 種類의 酸이 齒牙 表面 腐蝕에 利用 可能하지만 臨床的으로 볼 때 腐蝕剤의 機能이 短時間内에 形成되어야 하고 使用時間이 길어지더라도 多量의 齒質 破壞가 없어야 한다.

50% 塩酸溶液으로 腐蝕한 結果 Wetherell[55]은 琺瑯·象牙境界面까지 均一하게 溶解되었으나 本実驗에서는 Silverstone의 第3型에 属하였다.

Tranter[56]는 N/100塩酸溶液으로 1時間 동안 腐蝕한 結果 臨床的으로 理想的인 벌집模樣의 出現을 報告하였다.

이는 本実驗보다 濃度가 弱하여 長時間腐蝕 하여도 齒質損傷이 없는 것으로 思料된다.

38% 燐酸이 含有된 燐酸亜鉛液에서 觀察한 結果 稜柱中心部가 溶解되고 稜柱辺緣이 残存한 像을 얻었다. 이는 本実驗에서 使用한 燐酸亜鉛液과 濃度

의 差異라고 思料된다.

Gwinnett[35]는 0.1 N 塩酸溶液으로 2分間 腐蝕한 結果 Silverstone의 第一·二型이 同一試片에서 나타났다. 이는 腐蝕部位를 選擇하는데 따라 差異가 있다고 思料된다. 濃度가 높은 燐酸이 30~40%의 燐酸보다 腐蝕効果가 減少하는 것을 酸의 이온化로 Silverstone은 説明하고 있다.

弱酸은 이온化가 크며 組織에 均等히 拡散된다고 報告하였다.

本実驗에서 蓚酸은 腐蝕効果가 良好한데 반하여 蟻酸은 不良하였다.

이 結果 이온化外에 다른 因子가 있다고 思料된다.

本実驗에서 燐酸 10%溶液에서는第一型,30%溶液에서는 第二型, 50% 溶液에서 第一型으로 나타났고 黃酸 30% 溶液에서는 第三型, 50%溶液에서 第一型으로 腐蝕되었다. 窒酸 10%·30%溶液에서는 第一型, 50%溶液에서 第二型으로腐蝕되었고, 塩酸 10%·30%溶液에서는 第二型, 50% 溶液에서 第三型으로나타났으며, 蓚酸 10% 溶液에서는 第一型, 30%溶液에서는 第二型, 50%溶液에서 第一型으로 腐蝕되었고, 蟻酸의 境遇는 10%溶液에서 第一型, 30%溶液에서 第一型, 50%溶液에서 第一型으로 変化가 없음이 観察되었다. 枸櫞酸의 境遇, 30%·50%溶液에서 第一型으로 腐蝕되었고 燐酸亜鉛液은 第一型으로 나타났다.

以上의 結果를 観察하면 燐酸, 蓚酸은 10%, 30%, 50%溶液에서 各各 第一型, 第二型, 第一型, 으로 変化되었으며, 蟻酸에서만 濃度에 따라 若干의 腐蝕差異가 있으나 琺瑯稜柱 中心部가 溶解되는 形態에는 変化가 없었다.

以上과 같은 変化는 Jϕrgensen[37] 이 서로 다른 사람의 永久歯를 各各 35%燐酸으로 1分間 腐蝕한 結果, 各人에 따라 第一型, 第二型, 第三型,이 各各 나타났고, 또 같은 歯牙라도 部位에 따라 第一型, 第二型이 나타났음을 報告한 것과 類似하였다.

著者는 臨床에서 琺瑯質 表面을 腐蝕시킬때, 年齢差, 歯牙 및 部位에 따라 더많은 実驗이 必要하다고 思料된다.

V. 結　　論

著者는 最近 抜去한 91個上顎前歯 脣側表面을 10%·30%·50%의 燐酸, 黃酸, 窒酸, 塩酸, 蓚酸, 蟻酸, 枸櫞酸溶液과 燐酸亜鉛 セメント液으로 腐蝕시켜 酸의 浸透部位 및 様相을 走査電子顕微鏡으로 観察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 部　位

(1) 琺瑯稜柱는 消失되고 辺縁이 残存하는 酸은 10%·50%燐酸, 50%黃酸, 10%·30% 窒酸, 10%·50% 蓚酸, 10%·30%·50%蟻酸, 30%·50%枸櫞酸, 燐酸亜鉛液이었다.

(2) 琺瑯稜柱는 残存하고 辺縁이 消失되는 酸은 30%燐酸, 50%窒酸, 10%·30%塩酸, 30%蓚酸이었다.

2. 様　相

Silverstone의 分類型으로 볼때 其 作用 効果는 燐酸亜鉛液 30%·50%枸櫞酸,10%·30%·50%蟻酸, 10%·50% 蓚酸, 10%·30% 窒酸, 50%黃酸, 10%·50%燐酸에서 第一型의 様相이었고, 30% 蓚酸, 10·30%塩酸, 50%窒酸, 30%燐酸에서는 第二型의 様相이었다.

(本 論文을 完成함에 始終 指導校閲하여 주신 金英海 教授님과 李鳴鍾 教授님께 感謝를 드리며 協助하여 주신 保存學教室員 및 서울大 工大 金屬工學科 教室員 여러분께 謝意를 表하는 바입니다.)

REFERENCES

1. Buonocore, M.G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. D. Res. 34:849-853. 1955.
2. Silverstone, L.M., Saxton, C.A., Dogon, I.L. and Fejerskov, O.: Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res. 9:373-387. 1975.
3. Gwinnett, A.J.: Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. Arch. Oral Biol. 16:731-738. 1971.
4. Gwinnett, A.J. and Matsui, A.: A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. Arch. Oral Biol. 12:1615-1620. 1968.
5. Buonocore, M.G.: Personal communication. 1970.
6. Houwink, R. and Salomon, G.: Adhesion and Adhesives, Vols 1 and 2, Elsever, Amsterdam. 1965.

7. Patrick, R.L. (Editor).: Treatise on Adhesion and Adhesives. Marcel Dekker, New York. 1967.
8. Zisman, W.A.: In Adhesive Restorative Dentals. (Phillips. R.W. and Ryge, G.). PB 173009 Clearing house for Federal Scientific and Technical Information. Spring -field, Virginia. 106. 1961.
9. Kaeble, D.H.: Physical Chemistry of Adhesion, John Wiley, New York. 1971.
10. Weiss, P.: The polymer concept in adhesives. Journal of Polymer Science Part C. 12:169-183. 1966.
11. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. III. Bonding to dentin improved by pretreatment and the use of surface active comonomer. J.D. Res. 44, 903-905. 1965.
12. Hyatt, T.P: Prophylactic odontomy, Dent. cosmos.
13. Bodecker, C.F.: Dental caries immunization without filling, NYSDJ. 30:October 6,337.
14. Ast, D.B., Smith, D.J., Wachs, B. and Cantwell, K.T.: Newburgh-Kingston Caries-Fluorine Study XIV. Combined clinical and roentgenographic dental findings after ten years of fluoride experience. J.A.D.A. 52:314-324. 1956.
15. Jordan, R.E., Suzuki, M., Gwinnett, A.J. and Hunter, J.K.: Restoration of fractured and hypoplastic incisors by the acid etch resin technique a three-year report. J.A. D.A. 95:795-803. 1977
16. Cohen, D.W. and Chacker, F.: Criteria for the selection of one treatment plam over another. Dental Clinics of North America, March. 3. 1964.
17. Swaine, T.J. and Wright, G.Z.: Direct bonding applied to space maintenance. J. Dent. Child. 6:401-405. 1976.
18. Silverstone, L.M.: Fissure sealants laboratory studies. Caries Res. 8:2-26. 1974.
19. Zachrisson, B.U.: Fluoride application procedures in orthodontic practice current concepts. Angle Orthodontist 45:72-81. 1957.
20. Nelson, R.J., Wolcott, R.B. and Paffenbarger, G.C.: Fluid exchange at the margins of dental restorations. J.A.D.A. 44:288. 1952.
21. Phillips, R.W. and Ryge, G. (Editors).: Adhesive Restorative Dental Materials. PB 173009. Clearng house for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Virginia. 1961.
22. Austin, Wilsdorf and Phllips R.: Ed. Adhesive Restorative Dental Materials II. Public Health Service Publ. L. 1494. Washington, D.C. 1966.
23. Schwartz2, A.M. and Galligan, J.D.: Tooth conditioning agents for promoting adhesion in restorative materials in adhesive Restorative Dental Materials II. NIDR Workship. U.S. Public Health Service Publication 1494, 1965.
24. Buonocore, M.G.: Caries prevention in pits and fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultra-violet light: A two year study of a single adhesive application. J.A.D.A. 82:1090-1093. 1971.
25. McCune, R.J., Norowitz, H.S., Hiefetz, S.B. & Cvar, J.: Pit and Fissure sealants: One year results from a study in Kalispell, Mintans. 1973.
26. Rock, W.P.: Fissure sealants: Further results of clinical trials. British Dental Journal 136:317-321. 1974.
27. Schroder, P. and Holst, J.J.: Nuva-seal metodens effektivitet efter seks maneders observationstid. Tandlaegebladet, 76:230-233. 1972.
28. Schroder, P., Holst, J.J.: Nuvaseal-metodens effektivitet efter 6 go 12 maneders observationstid. Tandlaegebladet, 76:1169-1175. 1972.

(Proc. Int. Symp. Acid Etch Tech. North Central Publishing Co., St. Paul, Minn. U.S.A. 50. 1975.
29. Rock, W.P.: Fissure sealants: Results obtained with two different sealants after one year. British Dental Journal, 133:146-151. 1972.
30. Gwinnett, A.J. and Buonocore. M.G.: A scanning electon microscope study of pit and fissure surface conditioned for adhesive sealing. Arch. Oral Biol. 17:415-423. 1972.
31. Siverstone, L.M.: Proc. Int. Symp. Acid Etch Tech. North Central Publishings Co., St. Paul, Minn. U.S.A. 32.
32. Myers, C.L., Rossi, F. and Cartz., L.: Adhesive taglike extensions into acid-etched tooth enamel. J. D. Res. 53:435. 1974.
33. Silverstone, L.M.: Fissure sealants. Laboratory studies. Caries Res. 81:2. 1974.
34. Poole, D.F.G. and Johnson, N.W.: The effects of different demineralzing agents on human enamel surfaces studied by scanning electron microscopy. Arch. Oral Biol. 12:1621-1634. 1967.
35. Gwinnett, A.J.: Histologic changes in human enamel following treatment with acid adhesive conditioning agents. Arch. Oral Biol. 16:731-738. 1971.
36. Mortimer, K.W.: The pattern of demineralization of the enamel by dental caries. Caries Res. 2:180-192. 1968.
37. Dennison, J.B. and Craig, R.G.: Characterization of enamel surfaces prepared with commerical etchants. Ladr Abstract. No. 392. Atlanta. Geogia. 1974.
38. Smith, D.C. and Cartz, L.: Crystalline interface formed by polyacrylic acid and tooth enamel. J. D. Res. 52:1155. 1973.
39. Sheykholeslam, Z. and Buonocore, M.G.: Bonding of phosphoric acid etched enamel surfaces of permanent and deciduous teeth. J.D. Res. 51:1572-1576. 1972.
40. Hinding, J.H. and Sveen, O.B.: A scanning electron microscopy study of the effects of acid conditioning on occlusal enamel of human permanent and deciduous teeth Arch. Oral Biol. 19:573-576. 1974.
41. Angmar, B., Carlstrom, D. and Glas, J.E.: Studies of the ultrastructure of dental IV. The mineralization of normal human enamel. J. Ultrastucturat Res. 8:12-23. 1963.
42. Mortimer, K.V.: The relationship of deciduous enamel surface to dental disease. Caries Res. 4:206-223, 1970.
43. Silverstone, L.M.: Fissure Sealants-Laboratory Studies Caries Res. 8:2-26. 1974.
44. Rock, W.P.: The effect of etching of human enamel upon bond strengths with fissure sealant resins. Arch. Oral Biol. 19:873-877. 1974.
45. Arand, E.M.: Clinical observations of enamel after acid-etch procedures. J.A.D.A. 89: 1102-1108. 1974.
46. Silverstone, L.M. and Poole, D.F.G.: Histologic and ultrastructural features of remineralized carious enamel. J. D. Res. 48:756-770. 1969.
47. Tison, W.M.: Use of sealant harmful? A.D.A. News. 2. 1970.
48. Sognnaes, R.F.: Dental hard tissue destuction with special reference to idopatic erosions. publ no. 75. American Association for the Advancement of Science. 91. 1963.
49. Muhlemann, H.R.: Experimental modifications of the enamel surface. Helv. Odontol Acta. 4:5-24. 1960.
50. Lee, H. and others: Application of scanning electron microscopy to in vivo remineralization studies of human enamel. Lee Pharmaceuticals Res Rep no. 70-147.1970.
51. Retief, D.H., Dreyer, C.J. and Gavron, G.: The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. Am. J. Orthod 58:21. 1970.

52. Albert, M. and Grenoble, D.E.: An in vivo study of enamel remineralization after acid etching. J.S. Calif. Dent. Assoc. 39:747. 1971.
53. Hoffman Seymour, McEwan W.W. and Drew C.D.: Scanning electron microscope studies of dental enamel J.D. Res. 48:242. 1969.
54. Handelman. S.L., Washburn, F. and Wopperer. Two-year report of sealant effect on bacteria in dental caries. J.A.D.A. 93: 967-970. 1976.
55. Weatherell, J.A. and Hargreaves, J.A.: The micro sampling of enamel in thin layers by means of stong acids. Arch. Oral Biol. 10:130-142. 1975.
56. T.C. Tranter.: Proc. Int. Symp. Acid Etch Tech. North Central Publishing Co., St. paul, Minn, U.S.A. 151. 1975.
57. Jørgensen, K.D.: Contralateral symmetry of acid etched enamel surfaces. Scand. J. D. Res. 83:26. 1975.

A STUDY ON THE MICROSCOPIC CHANGE OF THE ENAMEL SURFACE AFTER ACID ETCHING

Byoung Duck Min, D.D.S., M.S.D.

Department of Operative Dentistry, Graduate School

(Directed by Prof. Myung Jong Lee, D.D.S., Ph. D.)

≫ Abstract ≪

Scanning Electron Microscopic (SEM) examination on the labial surface of 91 permanent upper incisors were made after etching procedure with phosphoric acid, sulfuric acid, nitric acid, hydrochloric acid, oxalic acid, formic acid, citric acid and zinc phosphate liquid for 2 minutes. Following results were obtained.

1. In the surfaces etched by 10%. 50% phosphoric acid, 50% sulfuric acid, 10%. 30% nitric acid, 10%. 50% oxalic acid, 10%. 30%. 50% formic acid, 30%. 50% citric acid and zinc phosphate liquid, there appeared to be a preferential removal of prism cores, but in the surfaces etched by 10% phosphoric acid, 50% nitric acid, 10%. 30% hydrochloric acid and 30% oxalic acid, the prism peripheries were removed preferentially.
2. According to Silverstone classification on enamel etching pattern the surface treated by zinc phosphate liquid, 30. 50% citric acid,10%. 30%. 50% formic acid, 10%. 50% oxalic acid, 10%. 30% nitric acid, 50% sulfuric acid and 10%. 50%. phosphoric acid showed Type 1, and etched by 30% oxalic acid, 10%. 30% hydrochloric acid, 50% nitric acid and 10% phosphoric acid showed Type II.

Etching of prism cores was by far the most common occurence. The changes produced could be related to intrinsic differences in histology and / or solubility of enamel.

EXPLANATION OF FIGURE

Fig. 1. The etch is seen to be evenly distributed over the entire enamel surface. A Type 1 etching pattern is seen in which prism centres have been removed preferentially. 10% H_3PO_4; 2min; x 1000.

Fig. 2. The surface shows a convincing pattern of etched prisms exhibiting a Type 2 etching pattern. 30% H_3PO_4; 2min; x1000.

Fig. 3. The variation in etching over an enamel surface was found to be marked, and the depth of tissue affected was significantly less extensive. 50% H_3PO_4; 2min; x1000.

Fig. 4. Calcium Sulphate crystal growing on enamel surface after treatment with sulphate containing sulfuric acid. 10% H_2SO_4; 2min; x1000.

Fig. 5. All of etched region showed surface large and small pitting were more evenly distributed over the test surface. 30% H_2SO_4; 2min; x1000.

Fig. 6. It is obvious that the etching has effected mainly the prism cores thus leaving the prism sheaths as a system of polygonal or horse-shoe shaped prominent ridges. 50% H_2SO_4; 2min; x1000.

Fig. 7. The pattern is characterized by a preferred dissolution of zone in each prism between the core and the sheath leaving this structures rising above the surface. 10% HNO_3; 2min; x1000.

Fig. 8. Each prism between the core and the sheath was dissolution. 30% NHO_3; 2min; x1000.

Fig. 9. The etching pattern is one in which there has been a preferential removal of prism peripheries termed a Type 2 etching pattern. 50% HNO_3; 2min; x1000.

Fig. 10. An evenly distributed etching pattern in which that head and tail arrangement of prisms is demonstrated. (Type 1). 10% HCl; 2min; x1000.

Fig. 11. There is gradual transition from a pattern in which prism peripheries appear move heavily affected. (Type 2.) 30% HCl; 2min; x1000.

Fig. 12. The variation in etching ever an enamel surface was found to be marked, and the depth of tissue affected was significantly less extensive. 50% HCl; 2min; x1000.

Fig. 13. A Type 1 pattern is seen in which prism centres have been removed preferentially. Many regions of prism center appear even with evidence of pitting. 10% $(HCOOH)_2$; 2min; x1000.

Fig. 14. A Type 2 is seen in which prism peripheries have been removed preferentially. The surface of the specimen shows a significant regularily the each pattern, but the acid has dissolved mainly the prism sheaths leaving the cores as irregular conical and prominent structures. 30% $(HCOOH)_2$; 2min; x1000.

Fig. 15. A Type 1 pattern is seen in which prism peripheries have been remained. 50%$(HCOOH)_2$; 2min; x1000.

Fig. 16. The pattern is characterized by a preferred dissolution of a zone in each prism between the core and the sheath leaving this structure rising above the surface. 10% HCOOH; 2min; x3000.

Fig. 17. A Type 1 pattern is seen in which prism cores have been removed preferentially. 30% HCOOH; 2min; x3000.

Fig. 18. A Type 1 etching pattern is seen in which prism centres have been removed preferentially. 50% HCOOH; 2min; x3000.

Fig. 19. The etched surface bore no resemblance to the enamel morphology. 10% citric acid; 2min; x1000.

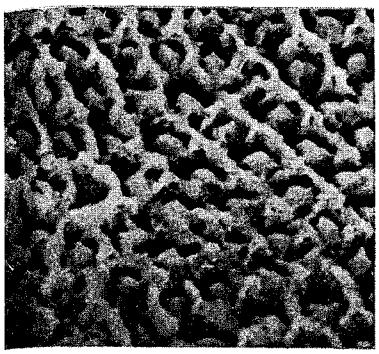
Fig. 20. The etch is seen to be evenly distributed over the entire enamel surface. A Type 1 etching pattern is seen in which prism centres have been removed preferentially. 30% citric acid; 2min; x1000.

Fig. 21. A Type 1 pattern is seen in which prism peripheries have been remained. 50% citric acid; 2min; x1000.

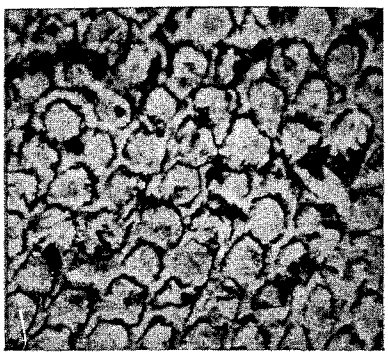
Fig. 22. The variation in etching over an enamel surface was found to be marked, and the depth of tissue affected was significantly less extensive. Z.P.C liquid; 2min; x1000.

Fig. 23. Normal teeth surface. x 1000

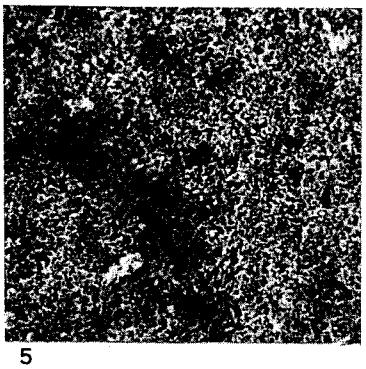
閔丙德　論文　寫眞附圖 ①

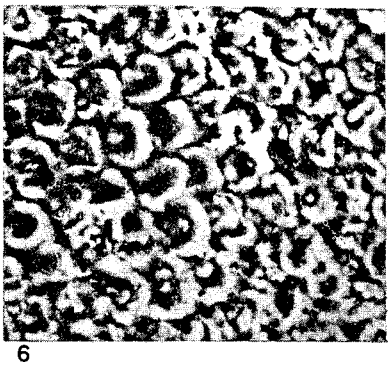

1

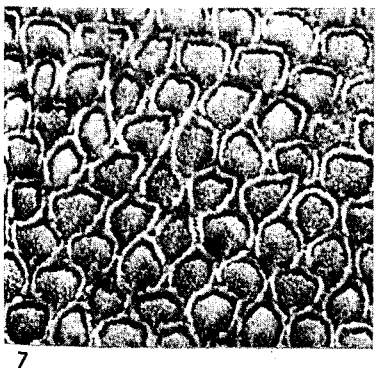
2

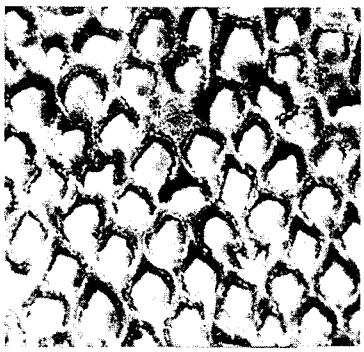

3

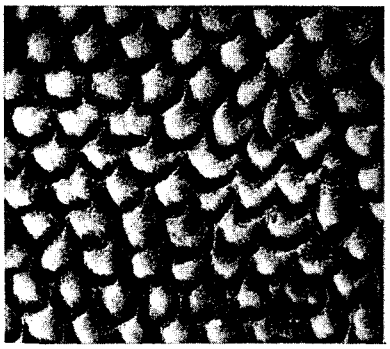
4

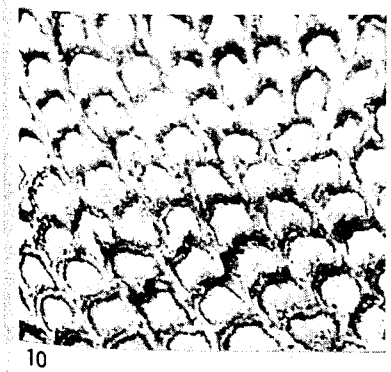

5

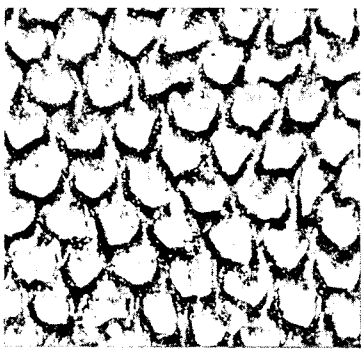

6

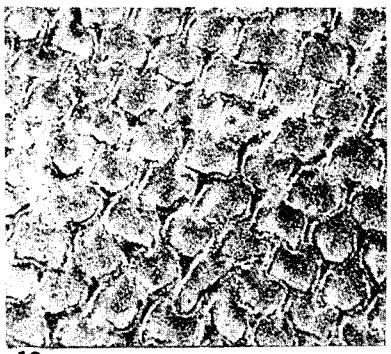

7


8

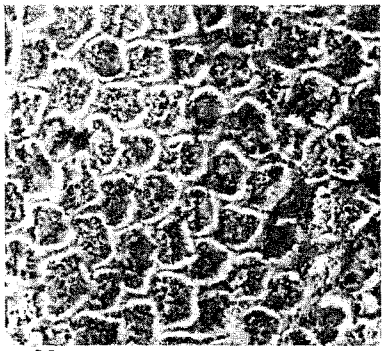

9

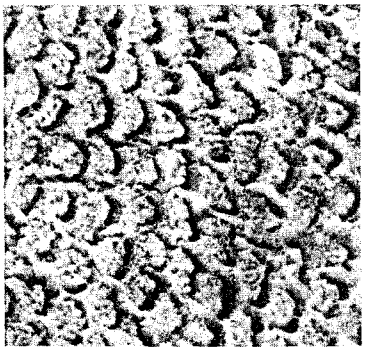

10


11

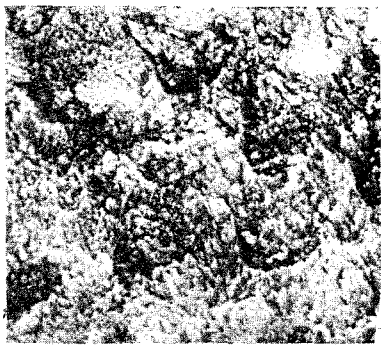

12

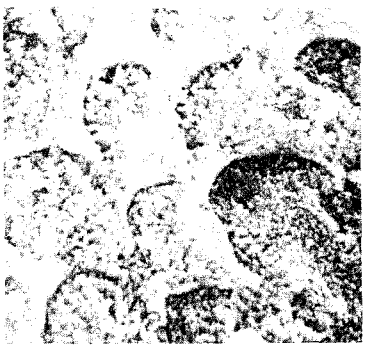
閔丙德　論文　寫眞附圖 ②

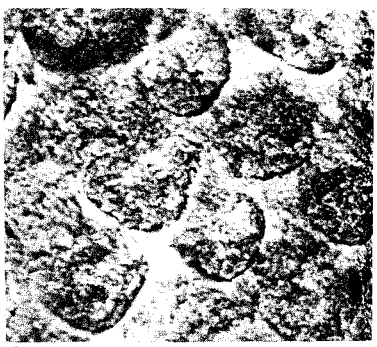

13


14

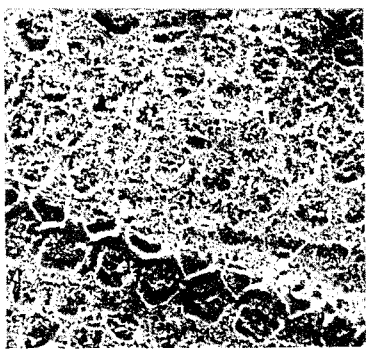
15

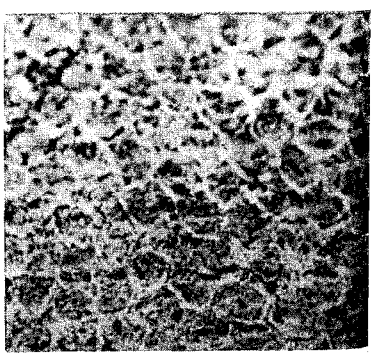

16

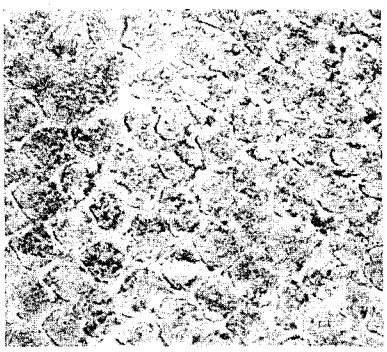

17

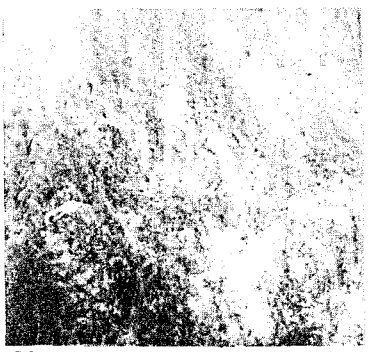

18

19


20


21


22


23