

# 齒石形成과 微生物의 役割

慶熙大學校 齒科大學 齒周科教室

李 萬 燮 · 權 寧 赫

## THE ROLE PLAYED BY MICROORGANISMS IN DENTAL CALCULUS FORMATION

Man Sup Lee, D.D.S., Ph.D., Young Hyuk Kwon, D.D.S., M.S.D.

Dept. of Periodontology, College of Dentistry, Kyung Hee Univ.

熟過程에서 微生物과 그 産物들의 역할이 대단히 重要하다.

### —目 次—

- I. 緒 論
- II. 微生物과 齒石形成
- III. 齒苔基質의 成熟
- IV. 齒苔의 附着
- V. 齒石結晶形成
- VI. 結 語
- 參考文獻

### II. 微生物과 齒石形成

齒石形成에 있어서 微生物의 作用이 必須的인 原因因子가 된다는 學說은 Baer와 Newton (1959)의 無菌狀態의 쥐를 가지고 한 實驗에서 石灰化物質이 無菌狀態의 環境에서 飼育된 動物의 齒牙에서도 形成된다는 것을 보여 주었으며, 또한 Fitzgerald와 McDaniel等の 實驗에서도 同一한 結果를 發表하므로써, 무너져 버렸다. 人間의 齒牙에서 나타나는 齒石과 꼭 같다고는 할 수 없지만, 無菌狀態下의 動物齒牙에서도 石灰化物質이 形成된다. 白鼠나 햄스터(hamster)같은 動物 實驗에서 齒牙에 沈着되는 石灰化物質은 어떤 特殊한 음식을 섭취한 後에 成長되며, 正常動物에서 發見되는 沈着物은 組織學的으로 人間의 齒石과 그 構造가 비슷하다(Gressly, 1963). 無菌狀態의 動物에서의 이러한 沈着物은 유리나 眞珠같은데, 組織學的으로는 分명한 層狀構造를 이루고 있다. 正常動物에서도 이와 꼭 같은 沈着物이 發見되며 正常과 無菌狀態의 沈着物은 一次的으로 不規則하게 배열된 磷灰石結晶(apatite crystal)을 가지고 있다. 電子顯微鏡의 所見으로는, 微生物이 正常動物의 細胞間基質內에서 觀察될 수 있으며, 細胞間基質은 無菌狀態의 動物에서 볼 수 있는

### I. 緒 論

19世紀中葉以後부터 齒周疾患이 齒科領域에서 重要한 疾病으로서 그 病理的 및 生理的研究가 활발히 進行되면서, 齒周疾患의 原因中 큰 比重을 차지하는 齒石(Dental Calculus)에 對한 研究가 끊임 없이 계속되어 왔다.

齒石은 齒牙表面에 附着되는 鑲化物質이며, 처음에는 細菌을 含有한 軟한 齒苔에서 始作하여 서서히 鑲化過程을 밟게 된다. 齒石沈着은 思春期以後에서 활발히 進行되어 40歲가 되면 齒石沈着率이 約 100%에 가깝게 된다. 齒石의 形成은 一般적으로 齒苔가 形成된 後 第1日과 14日間에서 始作되는 鑲鹽의 沈澱에 의하여 굳어지게 된다. 이러한 齒苔의 鑲化作用에 唾液이나 齒齦液으로부터 鑲物質을 제공받게 되며, 齒石의 成

同質性的 間質物質(ground Substance)과는 그 構造가 다르다. 그러므로 無菌狀態의 動物의 沈着物과 人間의 齒石間에는 重要的 差異點이 있다. 그러나 人間의 齒石의 構成成分中的 하나인 小皮(Cuticle)와 비슷한 構造를 보여 준다. 이러한 類似性이 있다는 推測이 옳고 그름에 關係없이 石灰化된 無細胞性沈着物이 無菌狀態의 動物이나 人間의 口腔內에서 形成된다는 것은 無細胞物質과 마찬가지로 非細菌性 細胞物質이 鑲化作用의 基質로서 寄與하고 있음을 암시 한다. 人間의 齒石基質은 總容積의 70% 以上을 微生物이 構成하고 있는 齒苔로 되어 있다. 微生物의 存在有無는 齒石의 特徵的 判定基準의 하나로 看做되어야 한다. 그러나 微生物의 存在가 반드시 直接的인 生物學的 活動을 한다는 것은 아니며, 齒石을 形成하는데 그 容積의 量的인 增加에 寄與하고 있다. 오랜 동안 未知數로 남아 있는 問題는 微生物이 어떤 手動的因子로서 齒苔內에 作用하여 石灰化過程에 關與하고 있는지, 或은 齒石의 基質形成과 粘着성과 鑲化作用에 어떤 特殊方法을 가지고 能動的으로 關與하고 있는 지의 問題이다. 우리가 微生物에 對해 特히 많은 關心을 기울이는 것은 人間의 口腔은 出生直後부터 결코 無菌狀態가 아니기 때문이다.

微生物의 能動的인 關與, 特히 磷酸칼슘結晶(Calcium phosphate crystal) 形成에 一翼을 담당하고 있다고 주장하는 學者들이 많이 있었다. 微生物이 齒石을 直接形成하는 能力을 가지고 있다는 說은 지난 世紀中葉으로 거슬러 올라 가야 한다. Ficus(1847), Mandel(1843), Klebs(1876), Gallippe(1886), Hart(1901) 등의 報告에서 볼 수 있으며, 그 후 Bulleid(1924)와 Naeslund(1926)氏는 Leptothrix와 Actinomyces가 特히 重要하다고 強調하였다. Naeslund(1926)는 微生物이 첫째로 磷酸칼슘鹽(Calcium phosphate Salts)에 對한 基質을 提供하고 둘째로 齒苔를 齒牙面에 附着시키고 셋째로 磷酸칼슘鹽의 形成을 惹起시킨다고 하였으나, Bowen과 Gilmour(1961)에 의한 實驗에서는 Actinomyces와 Leptothrix가 齒石形成에 能動的으로는 作用하지 않지만, 酵素 特히 Actinomyces israelii를 生成하는 phosphotases가 磷酸칼슘鹽의 形成에 作用한다는 새로운 事實을 밝혀 내었다. 그러나 Saltzman

(1940), Helmam & Mitchell(1954), Bowen(1961)氏 등은 phosphotase에 의한 實驗에서 齒石形成에 phosphotase가 어떠한 影響을 줄 수 없다는 事實을 立證하므로써, phosphotase學說은 사라지게 되었다. fungus에서 生成된 Oxalic acid와 Actinomyces에서 生成된 Ammonia도 齒石形成에 關與하는 微生物活動中에 生成되는 產物로 思料된다. 그러나 Calcium Oxalate나 ammonium-magnesium phosphate中 어느 것도 齒石의 重要的 構成要素가 아님이 증명되었다(Rowels, 1964). 또한 微生物이 炭酸칼슘을 沈澱시킬 수 있다고 주장되어 왔으나, 이 作用은 오래된 齒石에서는 일어나지 않는다.

이와 같은 沈澱說이 사라지고, 異質性 核形成(heterogeneous nucleation)으로 인한 鑲化作用의 概念이 擡頭되면서, 人間의 齒石形成에 微生物感染의 問題가 새로운 刺戟으로 받아 들여졌으며, Mandel(1960)은 이 문제에 對하여 제일 먼저 專念하였다.

齒石을 形成하는 齒苔의 微生物構成을 살펴보면, Viridans群의 連鎖狀球菌, 葡萄狀球菌, 酵母菌, 分枝 및 非分枝絲狀菌, Actinomyces와 Nocardia 등을 들 수 있다. 오래 묵은 齒石中에는 그람 陽性絲狀菌이 主를 이루고 있으며, 그람 陰性球菌 및 真菌은 齒石의 表面에 많이 分布되고 그람 陰性絲狀菌은 齒齦下 齒石의 邊緣部에서 發見되는 반면, 그람 陽性絲狀菌은 더 深層에 分布되어 있다. 여러 段階에서 觀察한 齒苔의 組織學的 所見은 새 沈着物(3-4日)에서는 球菌과 真菌이 많이 分布되고, 絲狀菌은 더 오래된 齒石에서만 發見된다. Howell等(1965)에 의하면 오래 되지 않은 齒石(1~2週)에는 Neisseria와 Diptheroids가 主를 이루며, 시간이 더 지나면 Neisseria가 감소되고 Actinomyces와 Leptothrix는 增加되며, 連鎖狀球菌은 여전히 많이 分布된다. Leptothrix는 오래된 齒石에서 0.7% 以上이 되지 못하며, Actinomyces는 36%, 그람 陽性球菌이 약 19%를 차지한다.

### Ⅲ. 齒苔基質의 成熟

Bacterionema matruchotii는 代謝作用을 통해

齒石의 基質을 形成하는 微生物로 생각되어 왔다. Ennever(1960, 1963)는 生體實驗을 通하여 齒苔에서 抽出한 絲狀菌을 石灰化溶液으로 처리한 후 이 絲狀菌이 細胞間磷灰石을 形成함을 보여 주었다. 또한 齒苔內에 나타나는 濃度인 0.1M 乳酸을 使用하여 鑲化될 수 있는 抽出物을 얻었으며, 齒石의 基質은 微生物로 부터 起因하며, 적어도 部分의 으로는 *Bacterionema matruchotii*로 부터 나온 것이라고 結論지었다. 이 理論으로 미루어 보면, 충분한 量의 微生物이 어린 齒石에서 나타나야 하며, 이것에 一致되는 基質이 만들어져야 한다. 그러나 Howell等(1965)이 實驗한 바로는 *Bacterionema matruchotii*는 齒石에서 分離시킨 微生物中 0.1%미만 이었으며, 28日제의 齒石의 培養에서 찾아볼 수 있었다. *Bacterionema matruchotii*外에 一次的으로 細胞內에서 鑲化作用을 하는 微生物은 *Actinomyces israelii*와 *Streptococcus Salivarius*等이 있으며, 結晶形成은 처음에는 細胞의 原形質內에서 일어나고 후에 細胞壁에서 일어난다. 이와는 반대로 *Veillonellae*와 *diphtheroid*菌은 一次的으로 細胞外面에서 일어나는 結晶成長에 依하여 鑲化된다.

細胞間基質로서 作用하는 細胞構成分이 *Bacterionema matruchotii*나 이와 비슷한 細菌으로부터 나온 酸에 依하여 流出되며, 많은 連鎖狀球菌과 다른 細菌들이 蔗糖으로부터 많은 量의 外細胞性多糖類를 形成하는 데 關與하고 있다. 여기에 作用하는 微生物을 列學하면, *Streptococcus Salivarius*, *Streptococcus bovis*, *Streptococcus Sanguis*, *Streptococcus mutans*, HS型과 FA型의 齧蝕齒 誘發性 連鎖狀球菌 및 乳酸桿菌等이다. 이러한 微生物들이 齒石에서 차지하는 比率은 아직 糾明되지 않았지만, 生體內에서 蔗糖投與後 齒苔內에 多糖類를 形成하며, 이러한 多糖類는 dextran과 levan 形態로 觀察된다(McDougall, 1964, Manly et al, 1966). 이 物質은 蔗糖投與後 急速히 生産되며, McDougall에 依하면 levan은 齒苔乾重量의 1.2~1.6%에 불과함에도 不拘하고 齒苔의 非細胞性基本要素라고 主張하였다. 그러나 Critchley等(1967)은 levan(1~2%)보다 dextran(8~9%)이 더 많이 存在함을 發見하였으며, 齒苔에는 적어도 乾重量의 10%를 外細胞生

多糖類形態로 存在한다고 結論지었다.

이러한 여러 論文을 要約해 보면 첫째 菌細胞의 內外부의 炭水化物量은 口腔內의 위치에 따라 다르며, 둘째 齒苔內의 外細胞性 多糖類의 貯留는 齒苔의 두께와 關係가 된다는 것을 알 수 있다. 더 나아가서 鑲化基質로서 dextran이나 levan 形態의 外細胞性 多糖類가 磷酸칼슘結晶의 異質性核化作用을 誘導할 수 있는지 없는지의 與否는 아직 明確하지 않다. 齒石基質은 두가지 型의 細胞外構成分을 가지며, 그 하나는 여러가지 微生物間에 分布된 微生物間基質과 다른 하나는 外因性齒性小皮라고 하는 同質性物質로 된 層이다. 이것들은 獨自의인 形成이 可能하지만, 兩者共히 微生物의 代謝作用에 必要하다. 外細胞性 多糖類의 生成은 齒苔의 成長에 必要하며, 齒苔를 形成하는데 關與한다기 보다는 齒苔의 容積을 增加시키는 데 寄與하고 있다. 外因性小皮가, 微生物이 同一表面에 出現하기 전에, 口腔內의 모든 表面에서 急速히 그리고 再生의으로 形成되기 때문에 初期段階의 齒苔形成에서는 微生物의 役割은 疑問視 된다(McDougall 1963., Meckel, 1965).

齒苔內의 微生物은 다음과 같은 事項에 依하여 細胞外基質의 型과 量을 調節받고 있다. (1) 微生物自體의 細胞質과 細胞膜의 構成分, (2) 微生物에 依하여 生成된 細胞外物質, (3) 變性된 唾液性粘液의 沈澱을 들 수 있다. 酸의 形成을 刺戟하면 外細胞性 多糖類의 形成이 減小되며, 이러한 酸은 다른 微生物(*Bacterionema matruchotii*)로부터 鑲化物質을 流出시킨다. 生成된 모든 酸은 核形成과 結晶의 成長을 中和시키며, 齒苔에서 生成된 ammonia도 酸의 拮抗質로 作用한다(Biswas & Kleinberg, 1966). 齒苔內에서 微生物이 分布된 部位의 環境變化와, 여러 種類의 微生物의 代謝作用間에 일어나는 相互作用은 個個의 微生物間의 相互交替를 나타내는 複雜한 生理機轉임을 나타내 준다. 齒苔內에 惹起되는 代謝作用은 生體內에서 일어나는 鑲化率을 調節하는 因子가 된다.

#### IV. 齒苔의 附着

齒苔를 齒牙面에 附着시키는 데 *Actinomyces*

와 *Leptothrix*가 重要한 役割을 하고 있다. 類小皮層이 齒牙와 齒苔間에 存在하며, 이 層은 齒石과 白堊質間에서 보다 齒石과 珮瑯質間에서 더 頻度가 높다. 小皮는 齒石과 人工箔表面間에도 形成되며, Theilade(1964)는 電子顯微鏡으로 箔表面과 齒石間에 約 0.05~0.4micron 두께의 無細胞小皮와 鑲化小皮를 觀察하였다. 外因性小皮는 齒牙面에 일어나는 첫번째 沈着物이며 어떠한 微生物도 나타나기 前에 形成된다. 그러므로 이 層을 齒苔와 齒牙面間의 能動的인 附着媒質로 생각하면 된다. 또한 外細胞性 多糖類의 粘着性도 齒苔附着에 重要한 役割을 하지만, 齒苔附着에는 外因性小皮가 主로 作用하고 있다.

### V. 齒石結晶形成

Naeslund(1926)에 依한 *Actinomyces*가 磷酸칼슘 結晶의 形成에 主된 作用을 한다는 學說은 이미 사라졌으며, 現在에는 微生物의 直接的이고도 能動的인 關與에 依하여 結晶形成이 進行된다고 믿게 되었다. 死菌과 마찬가지로, 生菌도 試驗管內에서 石灰化되며, Acetone이나 消毒器에 處理된 連鎖狀球菌을 가지고 쥐의 腹腔內에 注入하여 觀察한 바로는 生菌보다 더 急速히 鑲化되었다. 生菌은 腹腔內에서 繼續 酸을 生成하므로 鑲化作用이 中止되는 듯 하다. 이것으로 짐작하면 小量의 死菌이 鑲化作用이 일어나기 前에 存在해야만 한다. 이러한 推測은 (1) 一次的인 細胞間鑲化作用이 일어난 連鎖狀球菌이 細菌性齒石基質內에 小量 存在하고 있고, (2) 初期鑲化作用은 大部分 細菌을 構成하는 基質內에서 觀察된다는 것을 暗示한다. 微生物의 生命力은 齒苔의 鑲化現狀에는 큰 意義가 없는 것 같으나, 基質形成이 微生物에 依하여 調節되기 때문에 前驅因子로서 必要하게 된다. 또한 細菌의 生命力은 基質의 石灰化率을 結定지우는 데 重要한 役割을 하게 되며, 그 이유는 酸形成菌의 代謝作用이 結晶核形成에 對한 拮抗質로 思料되기 때문이다. 一定期間동안 形成되는 齒石의 量은 微生物의 再生能力과 代謝作用(基質形成)에 따라서 다르게 된다. 또한 代謝作用은 個體의 榮養狀態에 左右되며, 따라서 榮養은 하나의 必須的인 外因으로 作用한다.

### VI. 結 語

上記에 記述한 資料를 分析하여 보면, 齒石形成에 關與되는 微生物의 役割을 다음과 같이 要約할 수 있다.

(1) 細菌(微生物)이 齒石形成에 直接的이고 決定的인 因子로서는 作用하지 않는 것 같다.

(2) 微生物이 結晶核形成에 特別한 關聯은 없는 것 같다.

(3) 齒石을 齒牙表面에 粘着시키는 데 있어 微生物이 直接作用하지 않는다.

(4) 齒石形成에 있어 微生物의 役割은 鑲化作用을 일으키는 基質을 提供하는 데 局限되어 있으며, 形成된 齒石의 量的變化에 寄與한다.

(5) 微生物의 代謝作用은 齒苔의 代謝作用에 影響을 주며, 最後의 齒石의 鑲質相을 決定한다.

(6) 非細菌性的 基質形成이 있으며, 이것은 鑲化될 수 있고 그 結果 生成된 產物은 細菌性基質內에서 成熟된 것과 類似하다.

### 參 考 文 獻

- 1) Alexander, A.G.: A study of the distribution of supra and subgingival calculus, bacterial plaque and gingival inflammation in the mouths of 400 individuals. *J. Periodont.*, 42: 21~28, 1971.
- 2) Baer, P.N. and White, C.L.: Studies on experimental calculus formation in the rat. IX The effect of varying the protein and fat content of the diet on calculus deposition and alveolar bone loss. *J. periodont.*, 37: 113, 1961.
- 3) Carranza, F.A.: [Glickman's Clinical Periodontology. Saunders, 5th Ed., pp. 411~422, 1979.
- 4) Ennever, J.: Intracellular calcification by oral filamentous microorganisms. *J. Periodont.* 31: 304, 1960.
- 5) Ennever, J.: Microbiologic mineralization: A calcifiable cell-free extract from a

- calcifiable microorganism. J. Dent. Res., 41: 1383, 1962.
- 6) Gibbons, R.J. and Houte, J.V.: On the formation of dental plaque, J. Periodont., 44: 347, 1973.
  - 7) Hiep, N., Stallard, R.E. and Shapiro, L.: Dental plaque, J. Periodont, 45: 117, 1974.
  - 8) Howell, A., Rizzo, A. and Paul, F.: Cultivable bacteria in developing and mature human dental calculus. Arch. oral Biol., 10: 307, 1965.
  - 9) Hurst, V.: Bacterial flora of the mouth. J. Periodont., 27: 87, 1956.
  - 10) Kakehashi, S., Baer, P.N. and White, C.: Studies on experimental calculus formation in the rat. VII. Effect of selective desalivation of the major salivary glands. J. Periodont., 35: 467, 1964.
  - 11) Loe, H.: Human research model for the production and prevention of gingivitis. J. Dent. Res., 50: 256, 1971.
  - 12) Loe, H., Theilade, E. and Jensen, S.B.: Experimental gingivitis in man. J. Periodont., 36: 177, 1965.
  - 13) Mandel, I.D.: Dental plaque: Nature, formation and effects. J. Periodont., 37: 357, 1966.
  - 14) Mandel, I.D., Levy, B.M. and Wasserman, B.H.: Histochemistry of calculus formation. J. Periodont., 28: 132, 1957.
  - 15) Mandel, I.D. and Thompson, R.H.: Chemistry of parotid and Submaxillary saliva in heavy calculus formers and non-formers. J. Periodont., 33: 310, 1967.
  - 16) Scherp, H.W.: Role of microorganisms in periodontal disease. J. Dent. Res., 39: 1091, 1960.
  - 17) Schroeder, H.E.: Formation and Inhibition of Dental Calculus. Hans Huber, pp. 36~59, 1969.
  - 18) Turesky, S., Renstrup, G. and Glickman, I.: Histologic and histochemical observations regarding early calculus formation in children and adults. J. Periodont., 32: 7, 1961.
  - 19) Turesky, S., Glickman, I. and Krasnoff, M.: Further studies of the inhibition of crystal seeding in calculus. J. Periodont., 36: 67, 1965.
  - 20) Turesky, S., Glickman, I. and Renstrup, G.: Calcification of calculus in vivo and in vitro. J. Periodont., 34: 322, 1963.

서울시인정 제44호



세창치과기공소

대표 권혁문

서울시 용산구 도동 1가 19-18(권정빌딩 302)

전화 22-5970