

# 齶蝕象牙質의 物理化學的 特性에 關한 分析 研究

慶熙大學校 齒科大學 保存學 教室

韓宗樹 · 崔浩永 · 閔丙淳 · 朴尙進

## - 目 次 -

- I. 緒 論
- II. 研究材料 및 方法
  - 1. 研究材料
  - 2. 研究方法
- III. 研究成績
- IV. 總括 및 考察
- V. 結 論
  - 參考文獻
  - 英文抄錄

## I. 緒 論

保存領域에서 齒髓의 露出을 避하기 爲하여 齶蝕窩洞深層의 象牙質을 남기고 間接齒髓覆罩術을 實施하는 治療術式은 이미 18世紀 中葉에 Pierre Fauchard가 齶蝕窩洞部의 深層齶蝕部位를 모두 除去하는것 보다는 齒髓露出을 避하는것이 바람직 하다고 主張한 바 있다.<sup>1)</sup>

DiMaggio等(1963)<sup>2)</sup>은 間接齒髓覆罩術을 施行하기 爲하여 選擇된 齒牙의 組織學的 評價結果 齶蝕窩洞內의 모든 軟化象牙質을 除去한다면 75%에서 齒髓露出이 되었을 것이라고 主張하였으며 臨床評價手段에서 間接覆罩術時에는 失敗率이 다만 1%였음에 比하여 直接覆罩術時에는 失敗率이 25%였다고 報告한 바 있다. 이에 앞서 Seeling과 Lefkowitz(1950)<sup>3)</sup>는 窩洞이 깊을수록 齒髓의 炎症反應은 甚해지며 이때 齒髓反應의 程度는 殘存象牙質幅에 逆比例關係가 있음을 報告함으로써 殘存象牙質

의 重要性을 報告한 바 있다.

그러나 齶蝕象牙質의 深層部를 남기고 治療함에는 경우에 따라서는 아직도 論難의 對象이 되며 그 理由는 齶蝕象牙質의 深層部에 對한 充分한 理解가 前提되어야 함에도 不拘하고 이 領域에 對한 研究가 瑛瑯質齶蝕을 對象으로 調査한 바에 比하면 매우 不充分한 實情이며 主로 病理組織學的 研究에 置重되어 있음에 基因된다.

趙(1982)<sup>4)</sup>는 齶蝕象牙質을 病理組織學的으로 Tome's fiber의 脂肪變性帶, 象牙質細管内 石灰化가 일어날 硬化帶, 細菌의 侵透가 없는 좁은層의 象牙質 脫灰帶, 象牙質은 健全하나 脫灰된 部位에 細菌이 沈潤되어있는 細菌沈潤帶 및 腐敗象牙質帶의 5 個帶로 分類한 바 있다.

Seltzer와 Bender(1965)<sup>5)</sup>; Shovelton(1968)<sup>6)</sup>은 齶蝕象牙質의 深層部分이 一般的으로 細菌感染이 없다 할지라도 象牙細管이 微生物을 含有할 可能性은 있다고 報告하였으나 齶蝕象牙質을 臨床的으로 完全除去할 必要는 없을뿐만 아니라 齶蝕軟化象牙質의 存在를 感染이라고 看做할 수 없으며 齒髓는 汚染에 對하여 防禦할수 있다고 報告한 바 있다. 또한 Bradford(1960)<sup>7)</sup> 및 Young과 Masseler(1963)<sup>8)</sup>는 深層部齶蝕象牙質은 健全象牙質에 比하여 酸 및 蛋白質溶解에 依한 分解에 抵抗성이 크며 이 現象은 靜止性齶蝕症에서 顯著하였음을 發見하였다. 即 靜止性齶蝕의 境遇, 象牙質은 刺戟에 對해 透過光에서는 黑色이고, 反射光에서는 白色으로 나타나는 硬化象牙質이 形成돼 健全象牙質과 隔離되어 外部刺戟으로부터 齒髓를 保護하게 된다.

靜止性齶蝕象牙質과 深層部齶蝕象牙質과의 이러한 類似性은 그동안 活動性齶蝕象牙質과 靜止性齶蝕象牙質과의 比較研究를 通하여 밝혀내지 못한 靜止性齶蝕象牙質의 特性을 深層部齶蝕象牙質의 研究를 通하여 찾아보려는 努力을 正當化 하였다.

이 領域에 對한 病理組織學的 研究外에도 Miller 및 Massler (1962)<sup>24)</sup> 와 Barber와 Massler (1963)<sup>9)</sup> 의 透過性研究, Rowles와 Levine (1973)<sup>25)</sup> 의 無機物組成比較 等의 研究가 이루어진 바 있으나 物理化學的 研究는 別로 施行된 바 없으므로 著者는 X-Ray diffractometer와 Infrared spectrophotometer를 併用하여 活動性齶蝕象牙質과 深層部齶蝕象牙質을 對象으로 健全象牙質과 比較分析한 바 意義 있는 結論을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

## II. 研究材料 및 方法

### 1. 研究材料

齶蝕象牙質을 가진 사람의 永久齒 300個를 拔去後 흐르는 물에 約 20分間 洗滌한後 表面에 附着된 軟組織을 除去하였고 scaler를 使用하여 齒石을 除去하였으며 常溫에서 蒸溜水內에 保管하였다.

### 2. 研究方法

#### (1) 試料의 前處理

Carborundum disc를 使用하여 齶蝕齒牙를 長軸切片으로 分離시킨後 切斷面으로부터 肉眼的으로 黑色을 띠운 硬化象牙質을 確認하였다. 象牙質 分割採取에는 round bur와 小道具를 使用하였으며 腐敗象牙質을 除去한 後 硬化象牙質보다 上層部에 位置한 脫灰層을 分離하였고 黑色으로 나타나는 部位를 粉末로 蒐集하였다. 對照群으로써 健全象牙質을 粉末로 取하였다.

#### (2) 試料의 粉末化

分割採取된 齶蝕象牙質과 健全象牙質 粉末은 60℃의 乾燥器에서 24時間 乾燥시킨後 mortar와 pestle를 使用하여 微細粉末化하였고 200 mesh standard sieve를 通過시켜 均質粉末을 取하였다. 均質粉末試料은 60℃에서 24時間 乾燥시킨後 分析에 使用하였다.

#### (3) X-ray diffraction pattern測定

X-ray diffractometer (with microcomputer system, Rigaku geigerflex III, Japan)의 器機條件은 Cu-

target을 使用하여 30Kv, 30mA monochromator로 tracing하였다. Scintillation counter를 detector로 使用하였으며 step width는 0.02degree, full scale은 400cps였고 測定限界는 1°~70°였다.

各各의 試料은 X-ray diffractometer用 sample holder에 가득 채워 測定하였으며 測定資料는 AS-TM 및 JCPPS資料와 對照하여 解析하였다 (Table 1).

Table 1. The d-values of apatitic crystals.

source	d-value of $Ca_5(PO_4)_3OH, CO_3, F$					
ASTM	—	—	2.81	2.78	2.72	—
JCPDS	8.17	3.17	2.81	2.78	2.72	2.15

ASTM : the American Society for Testing and Materials

JCPDS : Joint Committee on Powder Diffraction Standards

#### (4) Infrared spectra의 測定

各 均質粉末試料은 試料 5mg當 anhydrous potassium bromide 500mg의 比率로 混合하여 30分間 mortar와 pestle (Perkins-Elmer社製)로 再粉末化 및 均質化 시켰다. 그 後 混合物 350mg씩을 秤量하여 眞空加壓 pellet製造器를 使用하여 600kg/cm<sup>2</sup>의 壓力으로 加壓과 同時에 vacuum pump로 空氣와 濕氣를 除去하였다. 製造된 最終 pellet은 直徑 1.0 cm의 translucent disc였다. 赤外線 分光 分析裝置는 Laser beam을 reference로 使用하는 FT-IR spectrophotometer (Nicolet Instrument Corporation)로써 data processor (Model IR-80)를 使用하였다.

Absorption band intensity는 主로 percentage transmittance (%T)로 나타내었으며 各 pellet의 spectral analysis는 必要에 따라서 3回씩 反復하였다.

## III. 研究成績

健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質의 各各의 粉末에 對한 x-ray diffraction pattern은 다음과 같았다 (Fig 1, 2, 3).

健全象牙質 (Fig 1)은 2θ-degree 30°부터 33° 사이에서 hydroxyapatite의 典型的인 peak를 나타냈

다. 이 peak를 數値로 確認한 結果  $2\theta$ -degree 31.731°에서 d-value가 2,818,  $2\theta$ -degree 32.225°에서 d-value가 2,775° 및  $2\theta$ -degree 32,805°에서 d-value가 2,728이었다(Table 2).

齶蝕深層部の 硬化象牙質로부터 獲得된 x-ray diffractogram은 그림 2와 같았다.  $2\theta$ -degree 30°부터 33°사이의 peak는 역시 hydroxyapatite의 典型的인 peak였으며 이 peak의 數値는 Table 2에서 提示된 바와 같이  $2\theta$ -degree 31.665°에서 d-value 2,823,  $2\theta$ -degree 32.132°에서 d-value가 2,783 및 32.860°의  $2\theta$ -degree에서 d-value가 2,723이었다.

活動性齶蝕象牙質로부터 獲得된 象牙質 粉末의 X-ray diffractogram (Fig. 3) 역시 主peak가  $2\theta$ -

degree 30°부터 33° 사이에 分布되었으며 hydroxyapatite의 特徵的인 peak像을 보였다.

Table 2에서 보면 各 peak는  $2\theta$ -degree 31.694°에서 d-value가 2,821이었고  $2\theta$ -degree 32.166°에서 2,780의 d-value를 보였으며  $2\theta$ -degree 32.950에서 d-value 2,716이었다.

健全象牙質, 硬化象牙質 및 活動性齶蝕象牙質 모두에서  $2\theta$ -degree 31° 近處의 d-value 2.82 peak가 나머지  $2\theta$ -degree 32°에서 나타난 各 2個씩의 peak에 比하여 相對強度가 높았다. 또한 d-value 2.82 peak는 full width half maximum이 Table 2에서와 같이 健全象牙質에서 0.220으로 가장 작았으며 硬化象牙質에서 0.320이었고 齶蝕象牙質에서 0.340으로 가장 크게 나타났다.

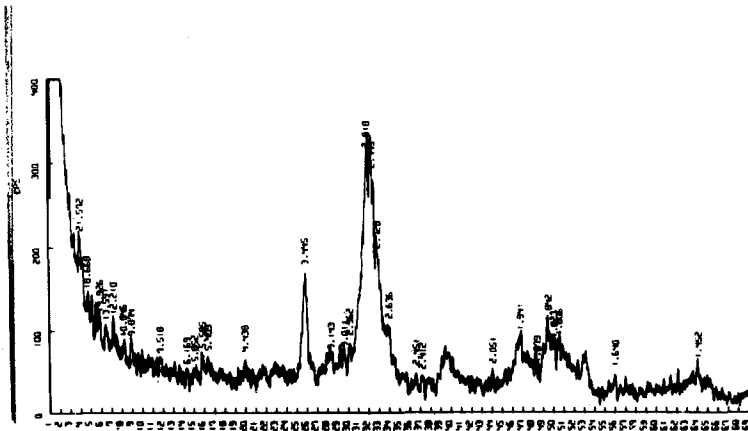


Fig.1. X-ray diffractogram of sound dentin powder.

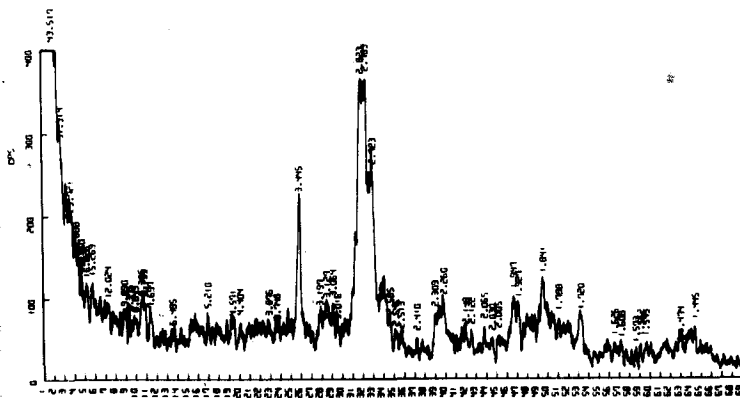


Fig.2. X-ray diffractogram of sclerotic dentin powder.

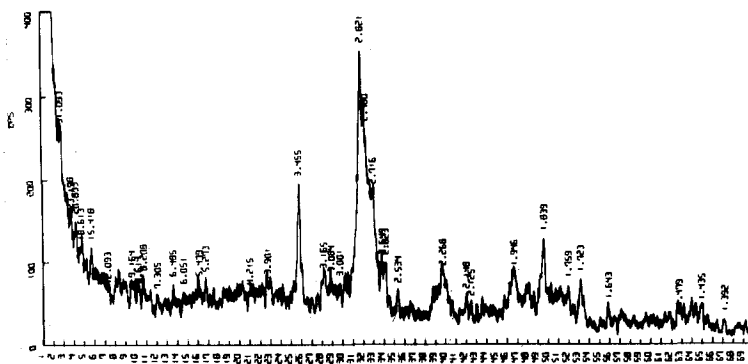


Fig 3. X-ray diffractogram of active carious dentin powder.

Table 2. X-ray diffraction patterns of hydroxyapatite from sound dentin, sclerotic dentin and active carious dentin

patterns dentin	angle	d-value(A°)	relative intensity	full width half maximum
sound dentin	31.731	2.818	308	0.220
	32.225	2.775	284	0.280
	32.805	2.728	189	0.120
sclerotic dentin	31.665	2.823	361	0.320
	32.132	2.783	264	0.260
	32.860	2.723	253	0.300
active carious dentin	31.694	2.821	353	0.340
	32.166	2.780	261	0.240
	32.950	2.716	185	0.240

Table 3. X-ray diffraction patterns of magnesium whitlockite;  $Mg_3(PO_4)_2$  from active carious dentin

ASTM a		active carious dentin (sample I.)		active carious dentin (sample II.)	
d-value (A°)	relative intensity	d-value (A°)	relative intensity	d-value (A°)	relative intensity
3.44	100	3.449	154	3.455	185
3.85	80	3.887	91	3.901	86
4.08	60	4.141	89	4.215	74
5.58	20	—	—	—	—

manesium whitlockite의 包含如否에 對한 調査結果, 健全象牙質과 硬化性象牙質에서는 그 存在를 確認할 수 없었다. 그러나 齶蝕象牙質에 對한 X-ray diffraction pattern은 Table 3 에서와 같이 試料 I 에서는 d-value가 3,449, 3,887 및 4,141로 나타났으며 試料 II 에서는 d-value가 3,455, 3,901 및 4,215로 分析되었다.

本 研究에서 分析用으로 使用된 모든 赤外線吸收 spectra는 linear mode로 나타내었으며 wave number는  $400\text{cm}^{-1}$  부터  $4,000\text{cm}^{-1}$  까지였다.

健全象牙質과 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質의 各各의 赤外線 吸收 spectra는 Fig. 4 에서와 같이 任意로 合成水酸化磷灰石과 珪瑯質의 赤外線 spectra와 함께 同一條件에서 比較하였다.

Fig. 4 에서  $\text{OH}^-$ 에 依한 wave number  $3,570\text{cm}^{-1}$ 에서의 赤外線吸收 band는 合成水酸化磷灰石과 珪瑯質에서는 明確하게 나타났으며 健全象牙質과 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質에서는 發見할 수 없

었다. 또한 大體적으로 合成水酸化磷灰石과 珪瑯質 및 健全象牙質에서는 赤外線 吸收 spectra의 band가 銳利하였으나 硬化象牙質과 活動性齶蝕象牙質의 band는 銳利하게 發達하지 못했다.

各各의 赤外線吸收 spectra의 相對強度를 比較整理한 結果는 Table 4 와 같다. 即 合成水酸化磷灰石은 wave number  $3,570\text{cm}^{-1}$ ,  $1,624\text{cm}^{-1}$  및  $630\text{cm}^{-1}$ 에서 나타난 hydroxyl group이  $3,570\text{cm}^{-1}$ 과  $630\text{cm}^{-1}$ 에서는 強하게 나타났으나  $1,624\text{cm}^{-1}$ 에서는 微弱하게 나타났는데 比해 健全珪瑯質은  $3,570\text{cm}^{-1}$ 에서만 中等度の 赤外線吸收를 보이고 其他는 合成水酸化磷灰石과 同等하였다. 그러나 健全象牙質과 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質에서는 共히 wave number  $3,570\text{cm}^{-1}$ 에서 赤外線吸收 band를 發見할 수 없었으며 wave number  $1,624\text{cm}^{-1}$ 에서 健全珪瑯質은 強하게, 硬化象牙質은 中等度 및 活動性齶蝕象牙質은 弱하게 赤外線吸收 band를 보였다.

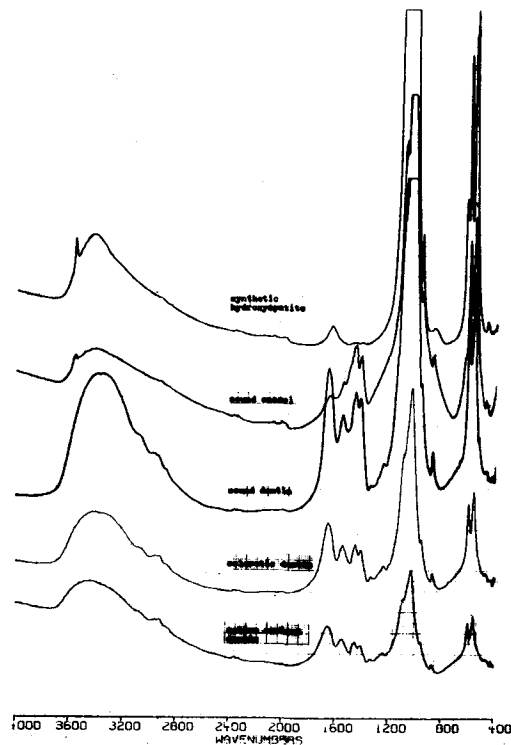


Fig 4. Comparison of infrared spectra from synthetic hydroxyapatite, sound enamel, sound dentin, sclerotic dentin and active carious dentin.

이러한 現象은 carbonated group에서 더욱 差異가 나타났는데 wave number  $1,423\text{cm}^{-1}$ 에서는 健全象牙質에서 強한 赤外線吸收相 spectra를 보였고 珙瑯質과 硬化象牙質에서는 中等度, 그리고 活動性齶蝕象牙質에서는 弱한 赤外線吸收相 spectra를 보였으며 合成水酸化磷灰石에서는 吸收相을 볼 수 없었다. wave number  $873\text{cm}^{-1}$ 에서는 健全象牙質에서 中等度の 赤外線吸收 spectra를 보인 反面, 나머지

試料에서는 反應을 나타내지 않았다. wave number  $703\text{cm}^{-1}$ 에서는 試料 모두에서 特別한 赤外線吸收相을 나타내지 않았다. wave number  $960\text{cm}^{-1}$ 에서는 合成水酸化磷灰石에서는 強하게, 나머지 健全珙瑯質, 健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質에서는 中等度の 赤外線吸收 spectra를 보였다(Fig. 5, 6, 7).

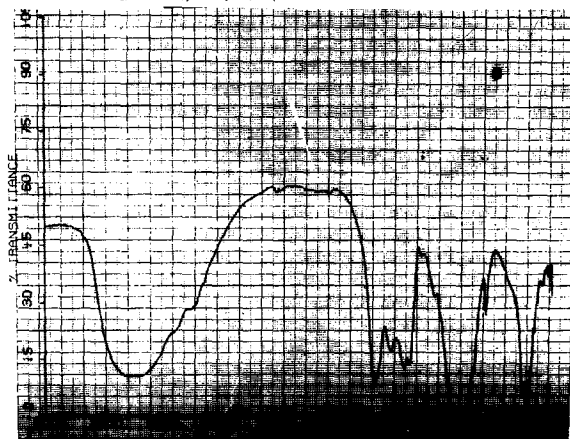


Fig 5. Infrared spectra of sound dentin.

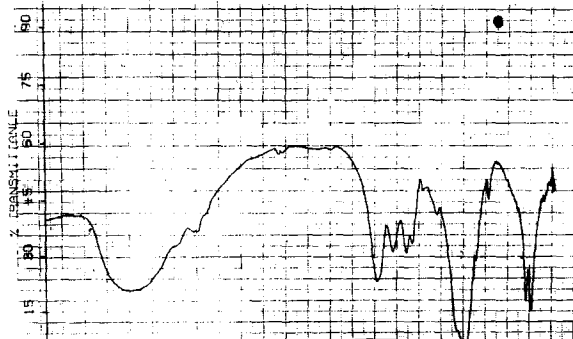


Fig 6. Infrared spectra of sclerotic dentin.

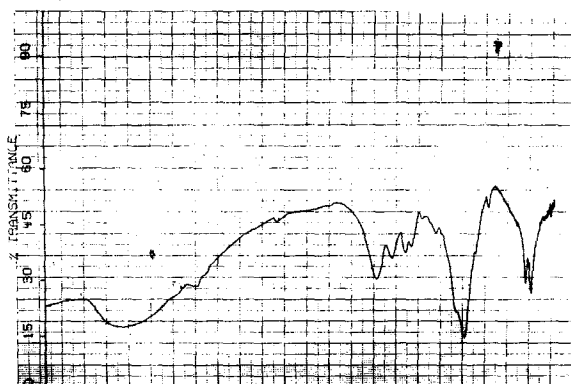


Fig 7. Infrared spectra of active carious dentin.

Table 4. Relative degrees of infrared absorption at various wave numbers

ions	OH <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3570	1624					
				1423	960	873	703	630
samples	synthetic hydroxyapatite	+++	+	-	+++	±	-	+++
	sound enamel	++	+	++	++	+	-	+++
	sound dentin	-	+++	+++	++	++	-	+++
	sclerotic dentin	-	++	++	++	+	-	++
	active carious dentin	-	+	+	++	+	-	++

#### IV. 總括 및 考按

生物體內的 正常的인 硬組織은 一般的으로 apatite calcium phosphate로 이루어져 있기<sup>7,11)</sup> 때문에 calcium이나 phosphorus 등의 元素分析方法으로 만든 石灰化物質로서의 特性研究에 限界가 있다.

最近 Driessen等(1982)<sup>9)</sup>과 Featherstone等(1983)<sup>8)</sup>은 合成水酸化磷灰石으로부터 獲得된 X-ray diffraction pattern은 同一하다는 報告를 하였다. 그러나 이것은 正常的인 狀態의 齒牙硬組織을 對象으로 한 것이며 齶蝕症으로 인한 齒牙硬組織의 變化像에 는 研究된 바가 매우 드문 實情이다. 著者는 이에 着眼하여 先學의 研究結果를 土台로 齶蝕에 의한 象牙質의 變化, 特히 深層部齶蝕象牙質과 硬化象牙質의 物理化學의 特性을 究明코져 X-ray diffractometer에 의한 分析研究을 實施하였다.

Table 1에 依하면 JCPDS data의 Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>에 對한 d-value가 8.17, 3.17, 2.81, 2.78, 2.72 및 2.15였음에 比하여 本 實驗에서 試料로 使用된 健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質

은 d-value에서 主成分이 hydroxyapatite였음을 證明해 주었고 特히 主된 peak의 d-value가 3個만 一致하면 證明할수 있는 ASTM資料와는 거의 一致하였다. 이와같은 結果는 象牙質의 固有無機物構造는 齶蝕變化에 依하여 脫灰된 無機物이 離脫은 될지 몰라도 殘存無機物은 hydroxyapatite의 形態를 이루고 있음을 證明하였으며 硬化象牙質에서도 hydroxyapatite가 主構造를 이루고 있음을 알 수 있었다. 그러나 結晶性에는 若干의 差異를 보여 2θ-degree 31.7°의 相對強度가 가장 큰 peak에서 full width half maximum을 比較하였을 때 健全象牙質은 0.220, 硬化象牙質은 0.320, 그리고 活動性齶蝕象牙質은 0.340으로서 結晶性에서는 健全象牙質이 가장 높았고, 그 다음이 硬化象牙質이었으며, 活動性齶蝕象牙質은 結晶성이 낮았다. 그러나 硬化象牙質과 活動性齶蝕象牙質은 各各 0.320과 0.340 으로서 相互 큰 差異를 보이지 않았다. 이와같은 X-ray diffraction pattern結果는 赤外線吸收 spectra에서도 再確認되었다. 即 Fig. 4는 合成水酸化磷灰石, 健全琺瑯質粉末, 健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및

硬化象牙質의 各各의 赤外線吸收 spectra를 重疊시켜 比較한 것으로서 合成水酸化磷灰石과 瑛瑔質 및 健全象牙質은 銳利한 赤外線吸收 spectra를 보였음에 비하여 硬化象牙質은 赤外線吸收相 spectra가 比較的 發達하지 못하였고 이와 比較하여 活動性齶蝕象牙質에서는 더욱 未分化된 赤外線吸收相 spectra를 보임으로써 앞서 X-ray diffraction pattern에서 解釋된 試料間의 結晶性差異에 對한 分析結果와 符合되었다.

Termine과 Posner(1966)<sup>39)</sup>는 一般的으로 calcium phosphate가 crystalline hydroxyapatite로 變化하는 過程에서 固體狀에 對한 赤外線吸收 spectra는 한 個의 넓은 band로 부터 結晶性의 上昇에 따라 離開가 잘 된 두 個의  $PO_4^{3-}$  band가 wave number 600  $cm^{-1}$ 에서 左右 非對稱으로 出現함을 發見하였는데 本 調査 結果(Fig 5, 6, 7)에서도 健全象牙質은 硬化象牙質과 活動性齶蝕象牙質에 비하여 wave number 600  $cm^{-1}$ 에서의 spectra離開가 明瞭하였다. 硬化象牙質과 活動性齶蝕象牙質에서는 離開程度가 작았으며 相互差異가 없어 R-ray diffractometer에 依한 結晶性分析結果와 符合하였다.

Hodge와 Mckay(1973)<sup>17)</sup>는 硬度測定에 依하여 그리고 Van Huysen等(1937)<sup>41)</sup>은 放射線 寫眞相에서 硬化象牙質이 周邊의 健全象牙質에 비하여 硬度和 密度가 높음을 發見 報告한 바 있다.

그러나 本 研究 結果의 結晶性은 hydroxyapatite 結晶構造面에서의 結晶성을 意味하는 것으로서 硬度和 密度와는 區分되어 解釋되어야 한다.

X-ray diffraction pattern에 對한 分析中, 活動性齶蝕象牙質 試料에서는 magnesium whitlockite가 發見되었는데 이것은 Vahl(1964)<sup>40)</sup>이 齶蝕象牙質內에는 magnesium whitlockite가 apatite結晶에 添加되어 나타난다고 報告한 研究結果를 再確認한 것으로서 齶蝕變化에 依하여 無機物 構造가 崩壞되는 過程에서 一時 再結合된 結果인지 또는 唾液으로부터 由來된 石灰化物의 새로운 沈着인지에 對하여는 確認할 수 없었으며 尙後 究明되어야 할 領域이라고 思料된다.

LeGeros等(1969)<sup>22)</sup>, Engel과 Klee(1972)<sup>6)</sup> 및 Gonzalez-Diaz와 Hidalgo(1976)<sup>10)</sup>는 水酸化磷灰石에서 hydroxyl group에 依해 吸收된 典型的 赤外線 吸收 Band는 wave number 3,570  $cm^{-1}$ 과 1,624  $cm^{-1}$  및

630  $cm^{-1}$ 에서 나타난다고 하였으며 3,750  $cm^{-1}$ 에서의 band 下面積도 間接測定法에 使用할 수 있으나 LeGeros(1978)<sup>19)</sup>에 依하면 特히 wave number 3,570  $cm^{-1}$ 에서의 赤外線 吸收 spectra의 存在나 또는 band가 銳利하게 發達 如否만으로도 hydroxyl group의 存在와 增減如否를 把握할 수 있다고 하였다.

分析結果에서 赤外線 吸收 spectra는 象牙質試料가 wave number 3,570  $cm^{-1}$ 에서 赤外線 吸收相을 나타내지 않은 現象만, 除外한다면, wave number 3,570  $cm^{-1}$ ; 1,624  $cm^{-1}$  및 630  $cm^{-1}$ 에서 모든 分析試料가 赤外線 吸收相을 보였는데(Fig 5, 6, 7 및 Table 4), 이 結果는 Malone等(1966)<sup>23)</sup>, LeGeros와 Shannon(1979)<sup>20)</sup>의 分析結果와도 一致되는 것으로서 象牙質內의 hydroxyapatite가 結晶성이 낮아 나타나지 않은 것이며 hydroxyl group의 消失을 나타내는 것으로 解釋할 수는 없다.

Okazaki(1983)<sup>27)</sup>의 主張에 依하면  $CO_3^{2-}$ 이온의 結合으로 hydroxyapatite의 赤外線分光分析에 對한 sensitivity information은 弱화된다고 하였는데 이에 符合되는 現象이 本 研究結果에서도 나타난 것으로 看做할 수 있다. 위와 같은 理由에서 本 研究에서는  $CO_3^{2-}$ 에 對한 分析도 併行하였다. wave number 1,423  $cm^{-1}$ ; 873  $cm^{-1}$  및 703  $cm^{-1}$ 에서 合成水酸化磷灰石은 赤外線 透過 spectra를 認定할 수 없었음에 비하여 健全瑛瑔質, 健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質 모두는 wave number 1,423  $cm^{-1}$ 과 873  $cm^{-1}$ 에서  $CO_3^{2-}$ 의 存在를 나타내는 赤外線 吸收 band를 보이고 있었다. 그러나 wave number 703  $cm^{-1}$ 에서는 赤外線 吸收相을 모든 對象試料에서 發見할 수 없었다. 以上の 結果로써 齒牙硬組織은  $CO_3^{2-}$ 가 包含돼 있다고 解釋하기에 充分하며 이러한 判定은 wave number 1,423  $cm^{-1}$ 과 873  $cm^{-1}$ 에서 이미 確證할 수 있었기에 703  $cm^{-1}$ 에서의 結果 如何에 關係가 없다고 思料된다(Fig 5, 6, 7 및 Table 4).

LeGeros等(1970)<sup>22)</sup>은 apatite構造內  $CO_3^{2-}$ 는 apatite構造에서 絶對 必要한 構成分이라 하였으며 LeGeros(1974)<sup>19)</sup>에 依하면 Carbonate는 apatite構造內에서  $PO_4^{3-}$  group 一部와 對峙되므로 apatite의 證明은 該當 wave number에서의  $CO_3^{2-}$  band의 存在로써도 確認할 수 있다고 研究 報告하였다.

Okazaki(1981)<sup>26)</sup>, Oliver와 Sweet(1976)<sup>28)</sup> 및 Termine과 Posner(1966)<sup>39)</sup> 등의 報告에 依하면 wave



number 450~700 $\text{cm}^{-1}$  과 950~1,200 $\text{cm}^{-1}$  에서의 赤外線 吸收 spectra의 存在는 特히  $\text{PO}_4^{3-}$ 에 依하여 비롯된 것이며 이 band가 주를 이룬다면 그 硬組織은 calcium phosphate라고 報告하였다.

本 研究結果 wave number 960 $\text{cm}^{-1}$  에서의  $\text{PO}_4^{3-}$  band는 모든 分析對象試料에서 나타났으며 이와 同時에  $\text{CO}_3^{2-}$  band도 나타난 것으로 보아 앞서 LeGeros (1974)<sup>16)</sup> 의 一部對峙說과 符合하는 現象이라고 볼수 있다 (Fig 5, 6, 7 및 Table 4). 그러나 wave number 1,423 $\text{cm}^{-1}$  과 873 $\text{cm}^{-1}$  에서 健全象牙質은 硬化象牙質 및 活動性齶蝕象牙質보다 同一機器條件에서 顯著한 赤外線 吸收相을 보였고 特히 wave number 1,624 $\text{cm}^{-1}$  에서는 硬化象牙質이 活動性齶蝕象牙質에 比하여  $\text{CO}_3^{2-}$ 가 보다 큰 吸收 band로 分析된 것으로 보아  $\text{CO}_3^{2-}$ 의 含量은 健全象牙質에서 가장 많았고 그 다음이 硬化象牙質, 活動性齶蝕象牙質의 順이었다. 勿論 Grön(1973)<sup>17)</sup>, Grön과 Hay(1976)<sup>18)</sup> 및 Moreno等(1979)<sup>19)</sup>에 依하여 唾液의 存在下에서 calcium phosphate의 沈着에 影響을 미치는 條件과 因子들에 對한 報告가 있었으나 여기에서 證明된  $\text{CO}_3^{2-}$ 의 存在는 齶蝕變化에 따른 唾液等으로부터의 外來性沈着이라기 보다 齒牙硬組織의 apatite 形成時에 이미 包含된 것이었으며 齶蝕變化和 함께 消失되는 것으로 解釋할 수 있다.

## V. 結 論

著者は 保存領域에서 關心의 對象이 되고 있는 象牙質의 物理化學의 特性을 究明하고자 本 研究를 實施하였다.

300個의 永久齒로부터 健全象牙質, 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質을 採取하였으며 各各의 試料를 對象으로 X-ray diffractometer와 infrared spectrophotometer를 使用하여 分析調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 健全象牙質과 活動性齶蝕象牙質 및 硬化象牙質의 主 無機物構造는 hydroxyapatite이었다.
2. 硬化象牙質과 活動性齶蝕象牙質에서 hydroxyapatite의 結晶性은 差異가 없었으며 健全象牙質에 比하여 낮았다.
3. 活動性齶蝕象牙質은 magnesium whitlockite를

包含하고 있었으며 健全象牙質과 硬化象牙質에서는 發見할 수 없었다.

4. Carbonate含量은 健全象牙質, 硬化象牙質, 活動性齶蝕象牙質의 順으로, 健全象牙質에서 가장 많았다.

## REFERENCE

1. 趙漢國: 口腔病理學. 高文社, P. 340, 1982.
2. Barber, D., and Massler, M.: Permeability of active and arrested carious lesions to dyes and radioactive isotopes. J. Dent. Child., 31:26, 1964.
3. Bradford, E.W.: The dentin, a barrier to caries. Brit. Dent. J., 109:387, 1960.
4. DiMaggio, J.J., Hawes, R.R. and Kiryati, A.: Histological evaluation of direct and indirect pulp capping. IADR Abs., 22: 23, 1963.
5. Driessens, F.C.M., Heijligers, H.J.M., Woltgens, J.H.M. and Verbeek, R.M.H.: X-ray diffraction of an enamel of a freshly erupted human teeth. J. Biol. Buccale., 10:55, 1982.
6. Engel, G. and Klee, W.E.: Infra-red spectra of the hydroxyl ions in various apatites. J. Solid State Chem., 5:28, 1972.
7. Fankuchen, I.: X-ray studies on compounds of biochemical interest. Ann. Rev. Biochem., 14:207, 1945.
8. Featherstone, J.D.B., Mayer, I., Driessens, F.C.M., Verbeek, R.M.H. and Heijligers, H.J.M.: Synthetic apatites containing Na, Mg,  $\text{Co}_3$  and their comparison with tooth enamel. Calcif. tissue Int., 35:169, 1983.
9. Frank, R.M. and Voegel, J.C.: Ultrastructure of the human odontoblast process and its mineralization during dental caries. Caries Res., 14:367, 1980.

10. Gonzalez-Diaz, P.F. and Hidalgo, A.: Infrared spectra of calcium apatites. *Spectrochim. Acta.*, 32:631, 1976.
11. Grøn, P.: Saturation of human saliva with calcium phosphates. *Arch. Oral Biol.* 18: 1385-1392, 1973.
12. Grøn, P. and Hay, D.I.: Inhibition of calcium phosphate precipitation by human salivary secretions. *Arch. Oral Biol.*, 21: 201-205, 1976.
13. Hodge, H.C. and McKay, H.: The micro hardness of teeth. *J.A.D.A.* 20:227, 1933.
14. Hutchinson, A.C.W., McMillan, L. and Fosdick, L.S.: Electron microscopic study of advanced caries in enamel and dentin. *J. Dent. Res.*, 40:670, 1961.
15. Ingle, J.I.: *Endodontics*, 2 Ed. Lea & Febiger, Philadelphia.
16. Jahansen, E. and Parke, H.F.: Electron microscopic observations on soft carious human dentin. *J. Dent. Res.*, 40:235, 1961.
17. Jensen, A.T. and Thygesen, J.E.: Chemical composition of calcium deposits from a calcinosis patient. *Acta. Med. Scand.* 113: 392, 1943.
18. Legeros, R.Z.: Variations in the crystalline components of human dental calculus: I. crystallographic and spectroscopic methods of analysis. *J. Dent. Res.*, 53:45, 1974.
19. Legeros, R.Z., Bonel, G. and Legros, R.: Types of H<sub>2</sub>O in human enamel and in precipitated apatites. *Calcif. Tiss. Res.*, 26: 111, 1978.
20. Legeros, R.Z. and Shannon, I.L.: The crystalline components of dental calculi. *J. Dent. Res.*, 58: 2371, 1979.
21. Legeros, R.Z., Trautz, O.R. Klein, E. and Legeros, J.P.: Two types of carbonate substitution in the apatite structure. *Experientia*, 24:5, 1969.
22. Legeros, R.Z., Trautz, O.R., Klein, E. and Legeros, J.P.: Spectral properties of Co<sub>3</sub> containing apatites. *Dev. Appl. Spec.*, 7: 3, 1970.
23. Malone, W.F., Bell, C. and Massler, M.: Physiochemical characteristics of active and arrested carious lesions of dentin. *J. Dent. Res.*, 45:16, 1966.
24. Miller, W.A., and Massler, M.: Permeability and staining of active and arrested lesions in dentin. *Brit. Dent. J.*, 112:187, 1962.
25. Moreno, E.C., Varugheses, K. and Hay, I.D.: Effect of human salivary proteins on the precipitation kinetics of calcium phosphate. *Calcif. Tissue Int.*, 28:7-16, 197
26. Ogawa, K., Yamashita, Y., Ichijo, T. and Fusayama, T.: The ultrastructure and hardness of the transparent layer of human carious dentin. *J. Dent. Res.*, 62:7, 1983.
27. Okazaki, M.: F<sup>-</sup>-Co<sub>3</sub><sup>2-</sup> interaction in IR spectra of fluoridated Co<sub>3</sub> apatites. *Calcif. Tissue Int.*, 35:78, 1983.
28. Okazaki, M., Moriwaki, Y., Aoba, T., Doi, Y. and Takahashi, J.: Solubility behavior of Co<sub>3</sub> apatites in relation to crystallinity. *Caries Res.*, 15:477, 1981.
29. Oliver, L.K. and Sweet, R.V.: A system of interpretation of infrared spectra of calculi for routine use in the clinical laboratory. *Calinica. Chemica. Acta.*, 72:17, 1976.
30. Orams, H.J., Phakey, P.P., Rachinger, W.A. and Zybert, J.J.: Ultrastructural changes in the translucent and dark zones of early caries. *J. Oral Pathol.*, 9:54, 1980.
31. Reeves, R. and Stanley, H.R.: The relationship of bacterial penetration and pulpal pathosis in carious teeth. *Oral Surg.*, 22: 590, 1966.
32. Rowles, S.L. and Levine, R.S.: The inorganic

- composition of arrested carious dentin. *Caries Res.*, 7:360, 1973.
33. Scott, D.B. and Albright, J.T.: Electron microscopy of carious enamel and dentin. *Oral Sug.*, 7:64, 1954.
  34. Seeling, A. and Lefkowitz, W.: Pulp response to filling materials. *N.Y. State Dent. J.*, 16:540, 1950.
  35. Seltzer, S. and Bender, J.B.: The dental pulp. Lippincott. pp. 108, 192, 1965.
  36. Shovelton, D.S.: A study of deep carious dentin. *Int. Dent. J.*, 18:392, 1968.
  37. Symonds, N.B.B.: Electron microscopic study of the tubules in human carious dentin. *Arch. Oral. Biol.*, 15:239, 1970.
  38. Takuma, S. and Kurahashi, Y.: Electron microscopy of various zones in carious lesions in human dentin. *Arch. Oral Biol.*, 7:439, 1962.
  39. Termine, J.D. and Posner, A.S.: Infrared determination of the percentage of crystallinity in apatitic calcium phosphate. *Nature*, 211:268, 1966.
  40. Vahl, J., Hohling, H.J. and Frank, R.M.: Elektronenstrahlbeugung an romboedrisch aussehenden mineralbildungen in kariosen dentin. *Arch. Oral Biol.*, 9: 315, 1964.
  41. Van Huysen, G., Hodge, H.C. and Warren, S.L.: A quantitative roentgen-densitometric study of the changes in teeth due to attrition. *J. Dent. Res.*, 16:243, 1937.
  42. Young, M.A. and Massler, M.: Some physical and chemical characteristics of carious dentin. *Brit. Dent. J.*, 115:406, 1963.

## AN ANALYTICAL STUDY ON THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CARIOUS DENTIN

Jong Soo Han, Ho Young Choi, Byung Soon Min, Sang Jin Park

*Department of Operative, Division of Dentistry*

*Kyung Hee University*

Cariou dentin can be classified, on the basis of their clinical characteristics, into three groups; sound, sclerotic and active carious dentin.

Active carious dentin differs from sclerotic dentin by its absence of variable bacteria within tubules and amount of chemical content.

But the apatite molecules of active carious dentin are not fully studied.

The purpose of this study was to observe the physico-chemical characteristics of deep carious dentin.

The samples of sound, sclerotic and active carious dentin were obtained respectively from 300 freshly extracted carious teeth.

Bacterial-rich zone of superficial soft dentin layer was removed with hand instruments from all samples in advance.

The samples were powdered and sieved (200 mesh) before analyses.

Identification and estimation of the crystallinity of the samples were carried with X-ray diffraction and infrared absorption analyses.

Measurements were made on a Rigaku Denki (Rigaku, geiger flex III, Japan) X-ray diffractometer with Cu-target at 30 Kv, 30 mA and are traced on a monochromatic tracer.

Infrared absorption analysis was made on FT-IR spectrophotometer (Nicolet Instrument Co.) using KBr pellets containing the samples and was recorded on data process (Model IR-80. Nicolet Instrument, Co).

The following conclusions were as follows;

1. The nature of the main inorganic structure of sound, sclerotic and active carious dentin proved to be hydroxyapatite.
2. It was difficult to determine the identification due to their crystallinity of sound, sclerotic and active carious dentin. But sound dentin was the highest in crystallinity among them.
3. The magnesium whitlockite was to be found in active carious dentin, but not in sound and sclerotic dentin.
4. The carbonate content was highest in sound dentin, but the lowest was in active carious dentin.