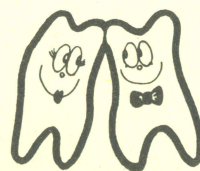


■ 牙科材料介紹 ■



牙醫學系

磷灰石燒結體

指導老師：郭永昌

執筆：張志峯



(上圖)齒根材料植入後之X-ray片。(下圖)齒根材料植入後六個月之X-ray片。

緒言

所謂的磷灰石燒結體乃是Hydroxypapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 微粒子在 1200°C 高溫下燒結而成的一種多結晶體 (ceramic)。此結晶與牙釉質 (enamel) 有類似的構造，1977年日本雜誌曾經報告過這種材料與骨骼組織間有良好的親和性 (compatibility)，現在則成爲一種齒根材料而爲世界各國所共同注目。在美國有製造工廠成立，荷蘭則已在做臨床試驗，英國、德國也在繼續不斷的展開研究探討。在目前世界潮流的衝激下，筆者乃試著將磷灰石燒結體的性質與應用做一敘述。

磷灰石燒結體結構是什麼

磷灰石燒結體乃是 Hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 微粒子在 1200°C 高溫下燒結而成的一種多結晶體，根據燒成條件的不同，則燒結體可分成：

- (1) 緻密體 - 通常為半透明的乳白色，密度較趨近於理論密度 (3.16 gm/cm^3)
- (2) 多孔體 - 通常為白色且含有很多氣孔。

此二種燒結體可依其不同用途而分別使用之。

磷灰石燒結體的製造過程大致上可分成：合成法及燒結法二個步驟，以下簡略說明之：

① 合成法

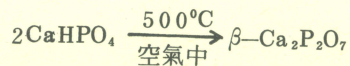
磷灰石燒結體可由鈣鹽與磷酸鹽在適當的條件下反應而成。又可分成在水溶液中合成的濕式法以及由固相反應而合成之乾式法二種。

① 濕式法

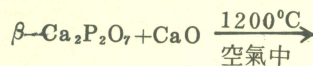
一般為含有鈣離子的溶液與含有磷酸離子的溶液在適當的溫度、濃度與 PH 條件下使之反應，則 hydroxyapatite 化合物產生。但是純粹的 hydroxyapatite 要製造出來則非常困難，因此各國的研究者或工廠都有自己獨特的一套合成法，外人不易了解。

② 乾式法

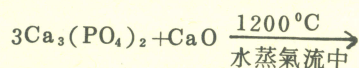
一般是利用 Brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 以下列反應進行而合成之：



$+\text{H}_2\text{O}$



$\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$



$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

在高溫下由固相反應所得之 hydroxyapatite 結晶性高且格子定數較低為其特徵。

(2) 燒結法

上述所製得之 apatite 原料在高溫但不使之分解的條件下，將之燒結則可得到磷灰石燒結體。

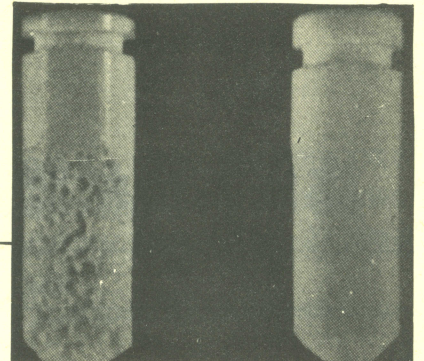
此步驟又大致可分為常壓燒結法與熱壓燒結法二種：

① 常壓燒結法：

也有二種方法

① Jarcho 所發現的，使 apatite 沈澱物不經乾燥過程，直接將粉餅狀的 apatite 加熱至 $1000 \sim 1250^\circ\text{C}$ 的範圍，讓這些粉餅狀的 apatite 燒結在一起而成燒結體。

② 先將合成的 apatite 稍微加熱乾燥後，粉碎之再將所需粉碎後適當粒度收集之，加壓之，所得之壓粉體加熱至 $1000 \sim 1250^\circ\text{C}$



齒根移植材料大致可分成二種：多孔體(左圖)及緻密體(右圖)

的範圍使之燒結而成。

以上二種方法所得之燒結體各有其優、缺點，因此使用時須依照用途而選擇適當的燒結體。例如：把粉餅狀的 apatite 沈澱物直接加熱燒結則比較容易得到密度較大的燒結體，但是收縮率大且會有裂縫 (crack) 產生。將粉碎後的粉末加壓所得之燒結體其優點為收縮率小，所以比較能壓製成所希望的形狀。

但是原料的合成，粒度的配合，加壓與燒結的整個過程所需的技術與經驗的熟練是可以決定燒結體品質的好壞。

② 熱壓燒結法：

是在加壓而溫度比通常燒結溫度還低的條件下，在短時間內將原料直接燒成的方法。如此則可得到氣泡較小且趨近於理論密度的燒結體。以此種方法製造的實例有：

1978 年荷蘭 H. Denissen 以 Merk 公司所出品之 hydroxyapatite 在 1000°C , 1000 kg/cm^2 的熱壓條件下可製得相對密度 $95 \sim 97\%$ 的緻密體。

1973 年日本加藤教授也曾以 $900 \sim 1100^\circ\text{C}$, 130 kg/cm^2 的熱壓條件下，將合成的 apatite 燒結，並測其機械性質。

磷灰石燒結體

磷灰石燒結體的機械性質

磷灰石燒結體要應用於人工齒根或人工骨時，首先必須要和實際牙齒和骨骼的機械性質做一比較，以便知道強度要有多少才恰當。有關這方面的報告在數年前尚未有明確的報告，而近二、三年因有較多的研究所以堆積了很多這方面的知識。

如表所示：apatite 的機械強度與牙齒、骨骼作一比較可知壓縮強度 (compressive strength)，引張強度 (tensile strength) 都是前者大於後者數倍，彈性係數則大約二倍。

日本加藤教授則曾測過動態強度 (dynamic strength) 與衝擊強度 (impact strength)，認為強度雖有點下降但用於前齒牙根則足足有餘。

磷灰石燒結體的生物親和性

若普通生物親和性 (Bio compatibility) 的粗淺定義為「沒有毒性且與生物組織間的親和性良好」時，則磷灰石燒結體可說是真的符合此

一定義。至於磷灰石燒結體與生物組織間有關的研究論文，近幾年來有很多篇被報告。

M.Jarcho 曾以 $4.5\text{ mm} \times 2.0\text{ mm}$ 的 durapatite (100% 緻密的 apatite 燒結體) 種入成犬大腿骨內，種入三星期後發現燒結體與骨骼間有纖維芽細胞 (fibroblast) 與骨芽細胞 (osteoblast)，用電子顯微鏡觀察則可發現在其間有膠原纖維束 (collagen fiber)，平坦的骨芽細胞和無定形物。若經過六個月則纖維性組織消失，但有緻密骨覆蓋在燒結體四周，且不具方向性之纖維束可在界面上發現到，又燒結體表面 $60 \sim 1500\text{ \AA}$ 的範圍內也可看到無定形物。由以上之發現，可認為：apatite 種入骨內並不引起異物反應且直接與骨組織結合在一起。

R.T. Chiroff 在 1977 年以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, TiO_2 , apatite 三種多孔體 ($4\text{ mm} \times 4\text{ mm}$) 種入兔子的大腿骨內，調查何種材料與骨骼之親和性較好，結果從組織侵入氣孔之程度與材料密接程度來判斷，則發現 apatite 較其它二者為佳。

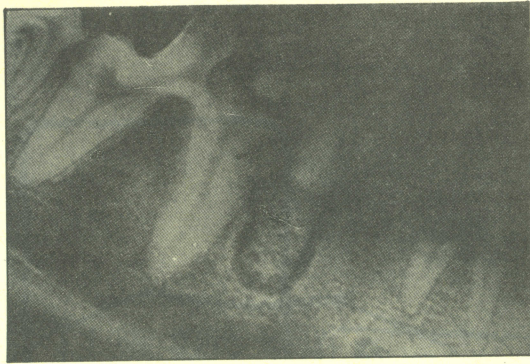
磷灰石燒結體的臨床試驗

1978 年 9 月荷蘭學者 H.Denissen 在英國 keel 大學所舉辦的第 16 回 ceramic symposium 會議上，發表以熱壓燒結法所製得的圓錐型磷灰石燒結體一根一根地種入無牙顎的齒槽骨上，然後在上面做義齒，並每隔一段時間作 x 光照像檢查術後臨床的結果。雖然博得與會學者的稱讚，但是在學問內容方面卻嫌貧乏，至於預後 (prognosis) 會變成如何，或因咬合壓 (occlusal force) 的關係是否會引起齒槽骨的吸收或與上皮組織的接著性等問題卻沒有提到。

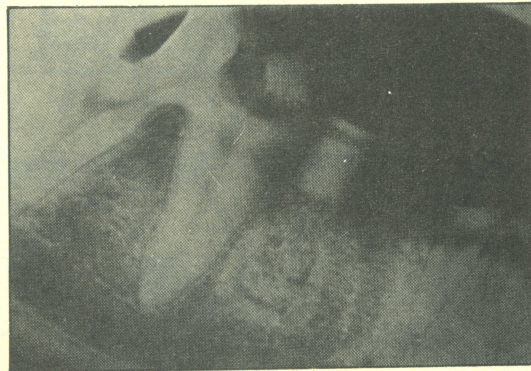
1982 年日本方面在東京醫科齒科大學內，由醫用器材研究所無機材料部所製得的 apatite，曾提供給牙冠牙橋學科作移植 (implantation) 臨床試驗，其結果與預後都得到預期的效果，此一消息並曾被刊載於日本

	壓縮強度 kg / cm^2	引張強度 kg / cm^2	彈性係數 $\times 10^4 \text{ kg} / \text{cm}^2$
緻密骨	1400	700	16.0
象牙質	3010	525	18.6
牙釉質	3920	105	84
※※ 磷灰石燒結體	9350	1995	35.2

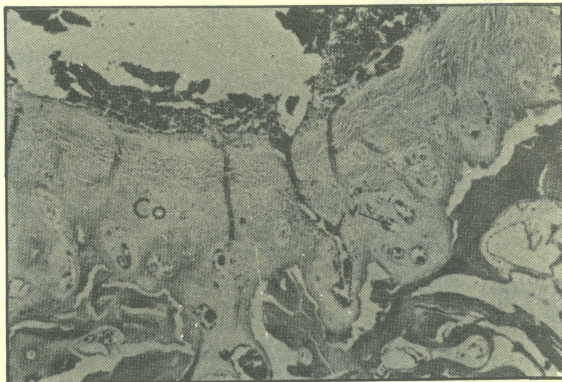
(註) ※引用自 J. D. R. 56, 1977 年 ※※引用自 J. Bioeag 1, 1976 年



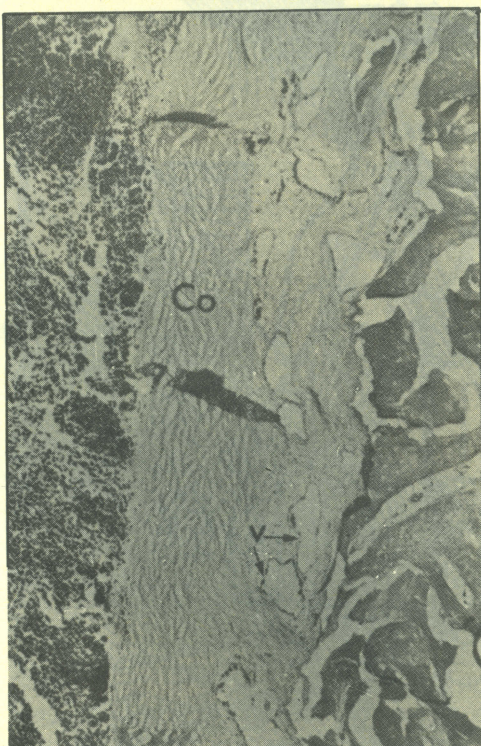
齒根材料植入後一個月之X-ray片。



齒根材料植入後二個月之X-ray片。



齒根材料植入後六個月，在顯微鏡下觀察齒槽骨牙根部情形。



齒根材料植入後六個月，在顯微鏡下觀察齒槽骨側壁之情形。

國內第一大報紙一讀新聞與工業新聞內，相信今後各國有關磷灰石燒結體的臨床試驗，結果會陸續不斷地被發表。

結論

以上所述關於磷灰石燒結體的種種，若歸結之則可說：磷灰石燒結體為 ceramic 的一種，其組成成份與牙齒或骨骼近似，但比骨骼硬一點。又其靜態強度 (Static strength) 雖然很大，而動態強度 (dynamic strength) 有些下降，但與骨骼組織間仍可說是有良好的親和性。

因此，磷灰石燒結體作成人工齒根或人工骨並非是十全十美且全能的材料，但若依照手術的部位與方法來慎重選擇使用，則是一種很實用的材料。

參考書籍

- (1) D E NO 52 1980
- (2) 齒界展望 49 卷 4 號 1977
- (3) 醫用研報 7 卷 1973
- (4) J. Biomed Mat 11 1977