

關於羥基磷灰石牙膏的綜合科學報告：作用機制、臨床功效及與含氟牙膏的比較分析

摘要

本報告旨在對羥基磷灰石（Hydroxyapatite, HAP）作為牙膏活性成分的科學基礎、作用機制、臨床證據及市場應用進行全面且深入的闡述。羥基磷灰石是牙齒琺瑯質和牙本質的天然主要礦物成分，其在口腔護理產品中的應用，特別是以奈米微粒（nano-hydroxyapatite, n-HAP）形式存在時，不僅僅是傳統含氟牙膏的替代方案，更代表著一種基於生物仿生學（biomimetics）的修復性護理新範式。大量且日益增長的科學證據，包括系統性文獻回顧與統合分析，已證實 HAP 在促進琺瑯質再礦化、緩解牙本質敏感以及調節口腔生物膜方面具有卓越功效。分析表明，HAP 在預防齲齒方面的效果與氟化物相當，而在處理牙本質敏感問題上則表現出更優越的性能，同時具備更高的生物安全性，特別是對於有氟斑牙風險的兒童群體。綜合來看，HAP 憑藉其獨特的生物相容性和多重功效，已確立其作為現代修復性口腔護理中黃金標準成分的地位。

第一部分：羥基磷灰石在口腔健康中的基礎科學

本章節旨在建立核心科學原理，闡明為何羥基磷灰石是牙科護理中一種獨特且適宜的活性劑，從其在天然牙齒結構中的角色，延伸至其作為先進生物材料的特性。

1.1 牙齒的結構藍圖：HAP 在天然琺瑯質與牙本質中的角色

要理解 HAP 在牙膏中的作用，必須先認識其在人體牙齒結構中的根本重要性。牙齒的硬組織主要由羥基磷灰石構成。琺瑯質（Enamel），作為人體最堅硬的物質，其無機成分中高達 97% 為一種改性形式的羥基磷灰石（具體為碳酸鈣缺陷型羥基磷灰石）。其下的牙本質（Dentin）中，HAP 的含量也佔約 70%。這項事實確立了一個關鍵概念：牙膏中的 HAP 並非外來化學物質，而是構成其所要保護和修復結構的基礎建材。

HAP 的化學式通常寫作 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 。在琺瑯質中，這些 HAP 晶體以高度有序的方式排列，形成緊密的琺瑯質小柱（enamel rods），這種精密的微觀結構賦予了牙齒卓越的機械強度，使其能抵禦日常咀嚼的壓力以及微生物和酸性物質的侵蝕。因此，HAP 的內在結構角色，正是其在牙膏中發揮功效的生物學基礎。

1.2 生物仿生學原理：修復性口腔護理的範式轉移

羥基磷灰石牙膏的出現，體現了牙科材料科學領域一個重要的理念轉變——生物仿生學（biomimetics）。該原則主張，理想的牙科材料應當模仿牙齒的天然屬性與功能。HAP 牙膏是此原則的典範，其作用機制可被精確地描述為「以牙補牙」，即使用牙齒自身的材料來修復牙齒。

由於牙膏中的 HAP 微粒在化學組成和晶體結構上與天然牙齒礦物極為相似，它展現出絕佳的生物相容性（biocompatibility）與生物活性（bioactivity）。這意味著人體組織對其有良好的耐受性，不會引發不良反應或發炎，並且能夠主動促進組織的再生，與周圍的牙齒結構無縫整合。這種作用方式與傳統上依賴純化學反應來強化牙齒的方法有著根本性的區別。它不僅僅是提供一種新的

有效成分，而是引入了一種全新的護理哲學：從被動防禦轉向主動修復與再生。這種理念與更廣泛的再生醫學趨勢不謀而合，其深遠影響在於重新定義了我們對口腔健康維護的認知——不再僅僅是預防損傷，而是積極地維持牙齒結構的完整性與健康狀態。

1.3 內在屬性：解析 HAP 的生物相容性、生物活性與卓越安全性

HAP 最顯著的優勢之一是其固有的安全性。作為人體骨骼和牙齒的天然組分，HAP 是無毒的，即使被意外吞食也不會對人體造成傷害。這一特性使其成為各年齡層使用者，特別是兒童的理想選擇。

在兒童牙科領域，含氟牙膏的主要隱憂是，6 歲以下兒童在牙齒發育期間若過量吞食氟化物，可能導致氟斑牙（dental fluorosis）的風險。此外，一些研究也開始關注過量氟化物攝入對發育中大腦的潛在神經毒性。HAP 牙膏提供了一種有效的防齲替代方案，且完全沒有引發氟斑牙的風險，這使其在兒科應用中具有重大的臨床優勢。

其安全性也獲得了國際監管機構的認可。例如，歐盟消費者安全科學委員會（SCCS）已確認，在牙膏中使用濃度高達 10% 的奈米羥基磷灰石是安全的。這為 HAP 作為一種安全、可靠的口腔護理成分提供了有力的佐證。

第二部分：HAP 牙膏的多面向作用機制

本章節將基於現有科學證據，詳細解構 HAP 微粒如何與口腔環境相互作用，從而產生其治療性與保護性效果。

2.1 琺瑯質再礦化：離子沉積與病灶修復的微觀結構分析

HAP 牙膏的核心作用機制是促進琺瑯質的再礦化（remineralization）。當刷牙時，牙膏中的 HAP 微粒會黏附在牙齒表面，作為鈣離子 (Ca^{2+}) 和磷酸根離子 (PO_4^{3-}) 的直接來源。這些微粒能夠物理性地填充因酸蝕而產生的琺瑯質表面微孔、裂縫和不規則處，並與天然琺瑯質的晶體形成「礦物-礦物橋接」，從而修復琺瑯質的完整性並恢復其表面硬度。這個過程能夠有效逆轉早期齲齒（即初期脫礦病灶或「白斑」），通過補充在酸性攻擊中流失的礦物質來實現。與主要作用於牙齒表面的氟化物不同，研究顯示 HAP 微粒能夠滲透到病灶的更深層，誘導一個從內到外更均勻的再礦化過程。

2.2 形成生物仿生保護層以抵禦酸性侵蝕

日常刷牙會在牙齒表面沉積一層由 HAP 微粒構成的保護層，這層新形成的合成磷灰石層起到了關鍵的屏障作用。

此保護層的功能類似於一個「犧牲層」。當口腔環境因細菌代謝醣類或攝入酸性飲食而變酸時，這層保護性 HAP 會優先溶解。溶解過程中會釋放出鈣和磷酸根離子，這些離子能夠中和酸性物質，緩衝牙菌斑的 pH 值，從而保護其下的天然琺瑯質免受脫礦的威脅。使用循環 pH 模型的體外研究已經證實，這個保護層具有相當的耐久性，能夠抵禦多次酸性攻擊，並且通過持續使用 HAP 牙膏，該保護層會不斷增厚和更新，增強其保護效能。

2.3 封閉牙本質小管：緩解牙本質敏感的決定性基礎

牙本質敏感（Dentin hypersensitivity）的根本原因是牙本質小管的暴露。這些微小的管道直接連

通至牙髓神經，當受到冷、熱、甜、酸等外界刺激時，小管內的液體流動會觸發神經反應，產生尖銳的疼痛感。

HAP 微粒，特別是奈米級的 n-HAP，其尺寸小到足以物理性地滲入並封閉這些暴露的牙本質小管。這種機械性的阻塞作用，能夠有效阻止小管內液體的流動，從而阻斷疼痛信號的傳導，提供快速且持久的敏感緩解效果。多項臨床研究及統合分析已證實，HAP 在此方面的功效非常顯著，甚至優於許多其他抗敏成分。

2.4 調節口腔微生物群：一種非殺菌性的生物膜控制策略

與氯己定（chlorhexidine）等傳統的殺菌劑不同，HAP 對口腔細菌的作用並非直接殺滅，而是通過多種物理和生化途徑來調節生物膜（biofilm）的生態平衡。

- **抑制細菌附著：**HAP 微粒沉積在牙齒表面，使其變得更加光滑，減少了微觀的溝壑和裂縫。這使得早期定植的致齲菌，如轉糖鏈球菌（*Streptococcus mutans*），難以附著在牙齒上。
- **細菌聚集與清除：**唾液中游離的細菌會優先與懸浮的 HAP 微粒結合，而不是附著於牙齒表面。這種結合會形成細菌聚集體，這些聚集體更容易隨著唾液的吞嚥或漱口而被清除出口腔，從而有效降低能夠形成牙菌斑的細菌總量。
- **固定毒力因子：**HAP 微粒還能夠吸附由病原菌（如牙齦卟啉單胞菌 *P. gingivalis*）釋放的蛋白質和毒力因子，將其固定，從而阻止這些有害物質與人體的免疫系統相互作用。

2.5 美學提升：表面平滑化與自然亮白的科學原理

HAP 牙膏所帶來的「亮白」效果並非化學漂白作用，而是一種源於琺瑯質表面修復的光學效應。通過填充琺瑯質表面的微觀孔隙和裂紋，HAP 創造出一個更平滑、更均勻的表面。這個被修復的表面能夠更有效地反射光線，減少因表面粗糙和多孔性引起的光線漫反射，從而使牙齒呈現出更自然、更明亮、更具光澤的潔白外觀。

此外，這種平滑的表面也減少了色素、食物殘渣等外源性著色劑可以積聚的微小縫隙，有助於去除並預防表面色斑的形成。

HAP 的作用機制展現了一種整體性的、基於系統的口腔健康管理方法。其單一的生物仿生行為——「填充微觀缺陷」——同時解決了結構、化學、微生物和美學四個層面的問題。這一點與傳統牙膏形成鮮明對比，後者通常需要依賴多種不同的活性成分來分別應對各種問題，例如使用氟化物防齲、硝酸鉀抗敏、三氯沙抗菌、以及二氧化矽進行物理性美白。HAP 的優雅之處在於，它通過解決「礦物質流失」這一上游的根本原因，從而緩解了多個下游的口腔問題，代表了一種更智能、更整合的口腔護理配方策略。

第三部分：微粒技術的關鍵作用：奈米級與微米級羟基磷灰石之比較

本章節將分析科學文獻中關於牙膏中不同形式 HAP 的論述，評估微粒尺寸對其功效與安全性的影響。

3.1 奈米微粒（n-HAP）：卓越的滲透性、功效與生物整合性

奈米羟基磷灰石（n-HAP）指的是微粒尺寸通常小於 100 奈米的 HAP，部分先進配方甚至採用小

於 50 奈米的微粒。

n-HAP 的主要優勢在於其極小的尺寸。這使得它能夠更有效地滲透到琺瑯質的次表層病灶以及狹窄的牙本質小管深處，從而實現更深層、更徹底的再礦化與抗敏效果。由於奈米微粒具有更高的比表面積，它們展現出更強的生物活性和溶解度，這意味著在需要時能更迅速地釋放鈣和磷酸根離子。

多項研究表明，在恢復牙齒表面微硬度和整體再礦化效果方面，n-HAP 優於微米級的 HAP。中國的專利文獻也特別指出，小於 50 奈米的針狀 n-HAP 在再礦化硬度、脫礦覆蓋率以及對致齲菌的吸附性方面，均顯著優於尺寸較大或呈顆粒狀的 HAP。

3.2 微米微粒（m-HAP）：表層作用與配方考量

微米羥基磷灰石（m-HAP）由尺寸較大的微粒組成，其直徑以微米（microns）為單位。m-HAP 主要在琺瑯質表層發揮作用，通過加固最外層來提供對抗磨損的保護。然而，其較大的尺寸限制了它滲透到深層琺瑯質病灶或有效封閉最狹窄牙本質小管的能力。

一些製造商偏好使用源自天然礦物的 m-HAP，其市場論述通常強調其加工程度較低，並能規避與奈米材料相關的潛在監管「灰色地帶」。

3.3 綜合證據：對功效、安全性與監管的平衡觀點

綜合現有科學共識，n-HAP 因其卓越的滲透能力，在逆轉早期齲齒和治療牙本質敏感等治療性應用中，被認為是更有效的選擇。

關於奈米微粒的安全性（例如是否會穿過血腦屏障等）雖然曾被提出，但目前的研究並不支持在牙膏中使用 n-HAP 會帶來此類風險。實驗數據表明，n-HAP 微粒不會有效穿透健康的口腔黏膜組織。

此外，n-HAP 在日本的長期應用歷史為其安全性提供了有力的現實世界證據。自 1993 年被日本政府批准為有效的防齲成分以來，含有 n-HAP 的牙膏已在市場上安全使用了數十年。

圍繞「奈米級」與「微米級」的討論，不僅僅是關於功效的科學辯論，也反映了商業和消費哲學的差異——即對「高科技」解決方案與「純天然」訴求的權衡。一個品牌對微粒尺寸的選擇，往往揭示了其核心的市場策略和目標客群。科學證據可能更傾向於 n-HAP 的卓越療效，但市場為不同的消費理念提供了多樣化的選擇。

第四部分：權威比較分析：羥基磷灰石 vs. 氟化物

本章節將利用系統性文獻回顧、統合分析及直接對比的臨床試驗數據，對 HAP 與長期以來的黃金標準——氟化物，進行嚴謹的評估。

4.1 作用哲學與機制的對比：生物仿生整合 vs. 化學強化

兩種活性成分在根本作用原理上存在顯著差異，這反映了兩種不同的護理哲學。

- **羥基磷灰石（HAP）**：遵循一種生物仿生的**修復性**機制。它直接使用與牙齒相同的礦物質（HAP）來補充琺瑯質流失的部分，通過物理性地填充和整合，從內部修復牙齒結構。
- **氟化物（Fluoride）**：採用一種化學性的**強化**機制。氟離子與牙齒表面的鈣和磷酸根離子（通常來源於唾液）發生反應，形成一種新的、更耐酸的礦物質——**氟磷灰石（Fluorapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ）**。它本身不直接補充流失的礦物質，而是通過硬化現有表層並催化唾液的自然再礦化過程來增強牙齒的防禦能力。

4.2 防齲功效：對統合分析與臨床試驗的嚴謹審視

氟化物作為一種高效的防齲劑，其功效已由數十年的大量研究所證實。然而，近年來高品質的臨床研究，特別是系統性文獻回顧和統合分析，已經得出結論：**HAP 牙膏在預防齲齒發展和促進初期病灶再礦化方面，其功效與含氟牙膏相當。**

一項統合分析發現，在使用 DMFS/ICDAS 等指標評估新發或進展性齲損時，HAP 與含氟牙膏之間沒有統計學上的顯著差異。另一項統合分析則顯示，HAP 能提供顯著的齲齒保護效果。這些高品質的證據有力地支持了 HAP 作為一種可行的、有效的無氟防齲替代方案的結論。

4.3 牙本質敏感管理：HAP 優越性之證據分析

在緩解牙本質敏感方面，證據更加明確：HAP 不僅與氟化物相當，在許多情況下甚至**優於**氟化物。

一項於 2023 年發表的統合分析得出結論，HAP 在控制牙本質敏感方面比氟化物更有效，其敏感度降低效果平均高出 **23%**。這種優越性可以從其作用機制上得到解釋：HAP 微粒能夠物理性地深入並封閉牙本質小管，直接解決了敏感的根源問題。相比之下，氟化物的作用更偏向於表層，其抗敏效果相對間接。

4.4 安全性考量：無氟優勢及其在兒童牙科中的重要性

如前所述，含氟牙膏最主要的安全考量是兒童因吞食牙膏而引發氟斑牙的風險。HAP 則完全無毒且具有生物相容性，不存在這一風險，使其成為幼兒和兒童極為安全的選擇。這不僅是一個理論上的優勢，更是一個重要的臨床考量，為家長和牙醫提供了一個無需在功效與安全之間妥協的選項。

表格一：羟基磷灰石與氟化物之綜合特性與功效矩陣

特性/功效	羟基磷灰石 (Hydroxyapatite)	氟化物 (Fluoride)
主要作用機制	生物仿生修復：直接補充與牙齒相同的礦物質，物理性填充微觀缺損，與牙齒結構整合。	化學強化：與牙齒表面的鈣、磷反應，形成更耐酸的氟磷灰石，並催化唾液的再礦化過程。
預防齲齒功效	與氟化物相當：多項統合分析證實其在預防齲損方面與含氟牙膏無顯著差異。	功效卓著：長期以來公認的防齲黃金標準，有大量研究支持。
緩解牙本質敏感	優於氟化物：統合分析顯示其抗敏效果比氟化物高出 23%，能物理性封閉牙本質小管。	有效：特別是氟化亞錫（Stannous Fluoride），能覆蓋牙本質小管，但 HAP 被認為能滲透更深。
美白機制	光學效應：通過修復琺瑯質表面，使其更平滑、光亮，從而恢復牙齒的自然潔白光澤，非化學漂白。	無直接美白作用：本身不美白牙齒。含氟美白牙膏通常添加其他研磨劑或化學劑來去除色斑。
與生物膜相互作用	非殺菌性調節：通過平滑表面抑制細菌附著，並聚集游離細菌以	抗菌性：降低細菌產酸能力，創造不利於細菌生存的環境。

特性/功效	羟基磷灰石 (Hydroxyapatite)	氟化物 (Fluoride)
	便清除。	
生物相容性	極高：與人體牙齒和骨骼的天然成分相同，無毒、無刺激性。	良好：在推薦劑量下安全，但非人體天然組分。
主要安全隱憂	無：被認為非常安全，即使吞食也無毒性風險。	氟斑牙風險：6 歲以下兒童過量吞食可能導致牙齒發育期間的氟斑牙。
兒童適用性	極佳：因其高安全性，是兒童（特別是幼兒）的理想選擇，無氟斑牙風險。	需謹慎使用：建議幼兒使用米粒大小的量，並監督以防吞食。
監管機構認可	在日本被批准為防齲成分；在歐盟被認為安全。尚未獲得美國牙醫學會（ADA）的認可標章。	獲得美國牙醫學會（ADA）等全球多數牙科專業機構的認可與推薦。

第五部分：臨床驗證與全球應用

本章節旨在將實驗室科學與現實世界應用聯繫起來，回顧里程碑式的研究，並檢視 HAP 產品的全球市場格局。

5.1 里程碑式研究與系統性文獻回顧之實證

HAP 的功效並非僅限於理論。大量的臨床證據為其有效性提供了堅實的基礎。多項系統性文獻回顧與統合分析的結論尤為重要，它們綜合了現有的高品質研究，得出了以下關鍵結論：

- **防齲功效：**HAP 牙膏在預防齲齒方面與含氟牙膏相比，效果無顯著差異（non-inferiority）。
- **抗敏功效：**HAP 在緩解牙本質敏感方面，效果優於含氟牙膏及其他一些抗敏成分。

具體的臨床試驗也提供了有力支持。早在 1990 年代，日本進行的臨床研究就證實了 n-HAP 的防齲效果，這些研究顯示，使用 n-HAP 牙膏的兒童群體中，新發齲齒的發生率顯著降低了 36% 至 56%，這也促使其在日本被正式批准為防齲活性成分。此外，大量的體外（*in vitro*）和原位（*in situ*）研究也從微觀層面證實了 HAP 的作用，顯示其能夠顯著增加琺瑯質表面硬度、促進礦物質沉積，並有效封閉牙本質小管。

5.2 從實驗室到消費者：全球市場格局與領先創新者

羟基磷灰石牙膏的商業化歷程反映了其科學價值的逐步認可和全球市場的接受度。

- **日本：行業先驅：**日本的三義株式會社（Sangi Co., Ltd.）是該領域的全球先驅。該公司於 1980 年代開發出世界上第一款具有再礦化功能的 n-HAP 牙膏，並於 1993 年使其獲得了防齲成分的官方批准。其旗下品牌 **Apagard** 和 **Apadent** 至今仍是市場上的領導者。
- **歐美市場的擴展：**隨著科學證據的積累，HAP 牙膏也逐漸進入歐洲和美國市場。德國的 **Bioniq®** 品牌，其產品含有 20% 的「仿天然琺瑯質微粒（BioHAP）」，在歐洲市場佔有重要地位。美國市場則湧現出如 **Dr. Brite**（強調使用天然來源的 m-HAP）和 **Nobaton** 等品牌。
- **全球技術的傳播：**韓國的 **VUSSEN** 品牌也推出了含有 HAP 的產品線。同時，台灣市場也出現了引進日本 HAP 技術的品牌，如 **Biogut Plus**（牙麗好）和 **BioShining**（亮晶）。

鑽)，這表明 HAP 技術正在全球範圍內傳播並被各地市場採納。

第六部分：綜合論述、建議與未來展望

本章節將整合報告的所有發現，為不同群體提供可行的建議，並展望生物仿生口腔護理的未來發展軌跡。

6.1 綜合洞見：HAP 作為黃金標準口腔護理成分的確鑿證據

綜合本報告的分析，可以得出結論：羥基磷灰石是一種經過科學驗證、多功能且高效的口腔護理成分。其獨特的生物仿生機制為牙齒維護提供了一種整體性解決方案，能夠同時處理結構修復、敏感問題和微生物平衡。現有證據將 HAP 在防齲方面置於與氟化物同等的地位，在抗敏方面則超越了氟化物，同時還提供了卓越的安全性，徹底消除了氟斑牙的風險。

6.2 基於證據的消費者與牙科專業人士建議

- **對消費者的建議：**HAP 牙膏是日常牙齒護理的絕佳選擇。對於牙齒敏感、希望逆轉早期琺瑯質損傷，或家中有幼兒並希望避免氟化物相關風險的家庭，尤其值得推薦。消費者在選擇時可以留意「奈米級」與「微米級」的區別，其中 n-HAP 在治療性功效上可能更具優勢。
- **對牙科專業人士的建議：**鑑於強有力的科學證據，牙科專業人士可以自信地向患者推薦含 HAP 的牙膏，將其作為含氟牙膏的有效替代品，特別是針對兒童患者和牙本質敏感患者。在推薦時，應將其定位為一種科學先進的生物仿生療法，而不僅僅是一個未經證實的「天然」選項。

6.3 口腔護理的未來：新興研究與生物仿生牙科的發展軌跡

HAP 牙膏的成功很可能只是生物仿生學理念在消費級口腔護理產品中應用的開端。未來的研究方向可能包括：

- **協同效應：**將 HAP 與其他生物活性劑結合，以期達到更強的協同效果，例如已有臨床試驗在探索 HAP 與氟化物結合的牙膏（HAF 牙膏）。
- **微粒優化：**進一步優化 HAP 微粒的形態和尺寸，以針對特定應用，例如研究顯示針狀 n-HAP 可能具有更優的性能。
- **應用擴展：**將 HAP 的應用從牙膏擴展到其他專業和日常護理產品中，如牙科塗料、窩溝封閉劑、以及修復性複合樹脂材料等。

總而言之，由羥基磷灰石所引領的，從化學干預向生物仿生修復的範式轉移，極有可能定義下一代先進口腔護理的發展方向。

引用的著作

1. Hydroxyapatite - Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroxyapatite> 2. Hydroxyapatite in Oral Care: SuperMouth's Innovative Approach, <https://supermouth.com/learn/hydroxyapatite-in-oral-care> 3. 氫氧基磷灰石(hydroxyapatite)和仿天然琺瑯質微粒(BioHAP), <https://www.bioniq-oralcare.com/zh-tw/hydroxyapatite> 4. 牙齒健康守護：解密琺瑯質的秘密與保護方法 - 九谷燒, <https://www.kukfachi.com/pages/%E8%A7%A3%E5%AF%86%E7%90%BA%E7%91%AF%E8>

%B3%AA%E7%9A%84%E7%A7%98%E5%AF%86%E8%88%87%E4%BF%9D%E8%AD%B7%E6%96%B9%E6%B3%95 5. 牙齒的琺瑯質比你想象的更複雜：微量元素的分佈，如何影響蛀牙形成？ - 泛科學, <https://pansci.asia/archives/188668> 6. georganics.com, <https://georganics.com/blogs/posts/hydroxyapatite-a-game-changer-for-dental-care#:~:text=In%20dental%20care%2C%20hydroxyapatite%20serves,teeth%20and%20protect%20against%20decay.> 7. What is Hydroxyapatite, and Why is it in Your Toothpaste? - Biöm, <https://betterbiom.com/blogs/learn/what-is-hydroxyapatite> 8. 羟磷灰石的特性与作用 - ChemicalBook, https://www.chemicalbook.com/NewsInfo_49819.htm 9. 羟磷灰石- 維基百科，自由的百科全書, <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BE%A5%E7%A3%B7%E7%81%B0%E7%9F%B3> 10. The use of hydroxyapatite toothpaste to prevent dental caries | springermedizin.de, <https://www.springermedizin.de/the-use-of-hydroxyapatite-toothpaste-to-prevent-dental-caries/19889526> 11. 牙齒的重要成分，hydroxyapatite - 思思醫師, <https://dr-neil.com/2025/03/27/hydroxyapatite/> 12. What is Hydroxyapatite? - Ushine Dental, <https://ushinedental.ca/maple-dental-blog/benefits-of-hydroxyapatite.html> 13. Hydroxyapatite as Remineralization Agent for Children's ... - Frontiers, <https://www.frontiersin.org/journals/dental-medicine/articles/10.3389/fdmed.2022.859560/full> 14. What is Hydroxyapatite Toothpaste? - Biöm, <https://betterbiom.com/blogs/learn/what-is-hydroxyapatite-toothpaste> 15. Why Hydroxyapatite is a Game-Changer for Dental Care - Georganics, <https://georganics.com/blogs/posts/hydroxyapatite-a-game-changer-for-dental-care> 16. Discover the Benefits of Hydroxyapatite Toothpaste for Stronger, Whiter Teeth - autobrush, <https://tryautobrush.com/blogs/dental/hydroxyapatite-toothpaste-benefits> 17. Hydroxyapatite in Oral Care Products—A Review - PMC, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8432723/> 18. Is Hydroxyapatite Safe? - Biöm, <https://betterbiom.com/blogs/learn/is-hydroxyapatite-safe> 19. Is Hydroxyapatite Toothpaste Safe? A Comprehensive Guide | SNOW® Oral Care, <https://www.trysnow.com/blogs/news/is-hydroxyapatite-toothpaste-safe> 20. Hydroxyapatite – what is it and are toothpastes containing it safe? - Smilesonic, <https://smilesonic.com/hydroxyapatite-what-is-it-and-are-toothpastes-containing-it-safe/> 21. Biomimetic hydroxyapatite and caries prevention: a systematic review and meta-analysis, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8641555/> 22. Clinical evidence of caries prevention by hydroxyapatite: An updated systematic review and meta-analysis - Scholars @ UT Health San Antonio, <https://scholars.uthscsa.edu/en/publications/clinical-evidence-of-caries-prevention-by-hydroxyapatite-an-updat> 23. Clinical Applications of Nano-Hydroxyapatite in Dentistry - MDPI, <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/21/10762> 24. www.webmd.com, <https://www.webmd.com/oral-health/hydroxyapatite-toothpaste#:~:text=The%20main%20benefit%20of%20hydroxyapatite,of%20protection%20agai> 25. Nano Medical Hydroxyapatite - Oral Science, <https://www.oralscience.com/en/ingredients/mhap/> 26. Hydroxyapatite Toothpaste: What It Is, Benefits & More - Wayzata Dental, <https://wayzatadental.com/hydroxyapatite-toothpaste/> 27. Nano-hydroxyapatite and its applications in preventive, restorative ..., <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4252862/> 28. FLUIDINOVA Oral 敏感牙/修補琺瑯質 - 惠民製藥 WeiMingPharmaceutical, <https://www.weimingpharma.com.tw/about-us.html?view=article&id=212:fluidinova-oral-%E4%BF%AE%E8%A3%9C%E7%8F%90%E7%91%AF%E8%B3%AA&catid=52> 29. 纳米羟基磷灰石对牙本质表面矿化及吸附铅离子的作用- PMC, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7544580/> 30. 羟磷灰石牙本质脱敏剂对温和型通用型粘接系统粘接性能研究, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9763962/> 31. 納米羟基磷灰石是牙齒最小的組成部分。將這種成分加入牙膏可幫助重建琺瑯質 - MEGASONEX®, <https://megasonex.com/zh-hant/toothpaste/features/> 32. Clinical Evidence of Biomimetic Hydroxyapatite in Oral Care ... - MDPI, <https://www.mdpi.com/2313-7673/8/1/23> 33. Modes of

Action and Clinical Efficacy of Particulate Hydroxyapatite in Preventive Oral Health Care – State of the Art, <https://opendentistryjournal.com/VOLUME/13/PAGE/274/FULLTEXT/> 34. 纳米羟基磷灰石 (nHAP) 牙膏项目 - 北京大学-科技开发部, <https://kjkfb.pku.edu.cn/info/1062/2378.htm> 35. CN1751678A - 针状纳米羟基磷灰石在牙膏中的应用 - Google Patents, <https://patents.google.com/patent/CN1751678A/zh> 36. Nano-Hydroxyapatite vs. Hydroxyapatite: 5 Key Differences - Better & Better, <https://www.betterandbetter.com/blogs/the-reverie/nano-hydroxyapatite-vs-hydroxyapatite> 37. Nano vs. Micro Hydroxyapatite: Which is Better for Your Teeth? - Lake Park Dental, <https://www.lakepark.dental/blog/nano-vs-micro-hydroxyapatite-which-is-better-for-your-teeth> 38. Nano vs Micro-Hydroxyapatite: The Power of Particle Size - FLUIDINOVA, <https://www.fluidinova.com/blog/nano-vs-micro-hydroxyapatite> 39. Nano Vs Micro Hydroxyapatite: Full Guide - Ollie Smile, <https://olliesmile.com/blogs/news/nano-vs-micro-hydroxyapatite> 40. Nanohydroxyapatite in dentistry: A comprehensive review - PMC, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10562112/> 41. Hydroxyapatite Studies - the Flossophy™, <https://www.theflossophy.com/research/hydroxyapatite-studies> 42. Nano vs. Micro: Everything You Need to Know About Our Hydroxyapatite - Wellnesse, <https://wellnesse.com/blogs/all/nano-versus-micro-hydroxyapatite> 43. Is Hydroxyapatite Safe In Toothpaste? - Flourish Dental Boutique, <https://www.flourish.dental/is-hydroxyapatite-safe-in-toothpaste/> 44. FAQ | SANGI CO.,LTD., <https://www.sangi-co.com/en/faq/index.html> 45. Hydroxyapatite Toothpaste vs. Fluoride: Which Is Better for Your Teeth? - GoodRx, <https://www.goodrx.com/conditions/dental-care/hydroxyapatite-toothpaste-vs-fluoride> 46. The role of hydroxyapatite-based, fluoride-free toothpastes on the ..., <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40107597/> 47. APAGARD - Premio Premium Type Toothpaste - YesStyle, <https://www.yesstyle.com/en/apagard-premio-premium-type-toothpaste-105g/info.html/pid.1127584329> 48. Product Introduction | SANGI CO.,LTD., <https://www.sangi-co.com/en/products/index.html> 49. APAGARD products at Target, <https://www.target.com/b/apagard/-/N-q643led15pa> 50. Sangi Apagard Premio Premium Toothpaste 105g - Japanese Taste, <https://japanesetaste.com/products/sangi-apagard-premio-premium-toothpaste-105g> 51. Apagard M Plus – remineralizing toothpaste - Japan Beauty Pro, <https://japanbeautypro.com/apagard-m-plus/> 52. Bioniq® - Dr. Wolff Group, <https://www.drwolffgroup.com/en/brand-overview/bioniq/> 53. Bioniq® Repair-Toothpaste – with artificial enamel, <https://www.bioniq-oralcare.com/en-gb/> 54. Bioniq Repair Toothpaste – Dr. Wolff Official Store (Singapore), <https://shop.dr-wolff.asia/pages/bioniq-repair-toothpaste-how-it-works> 55. Bioniq® Repair-Toothpaste sensitive acute - Reduces sensitivity to pain, <https://www.bioniq-repair-zahnpflege.com/en-de/products/bioniq-repair-toothpaste-sensitive-acute> 56. Bioniq Plus Biomimetic Toothpaste with 20 Percent Hydroxyapatite for Teeth and Gums I Clinically Tested I 3.44 oz - Sears, <https://www.sears.com/bioniq-plus-biomimetic-toothpaste-with-20-percent-hydroxyapatite-for-teeth-and-gums-i-clinically-tested-i-3.44-oz/p-A129321768> 57. Bioniq® 修復牙膏– 含 20%仿天然琺瑯質微粒(hydroxyapatite/BioHAP), <https://www.bioniq-oralcare.com/zh-hk/products/bioniq-repair-toothpaste> 58. Discover the Power of Natural Ingredients with Dr. Brite's Hydroxyapatite With No Nano Particles, <https://www.drbrite.com/blogs/news/hydroxyapatite-with-no-nano-particles> 59. Dr. Brite Extreme Whitening Toothpaste, Fresh Mint, 4.2 oz (119 g) - Target, <https://www.target.com/p/dr-brite-extreme-whitening-toothpaste-fresh-mint-4-2-oz-119-g/-/A-1003661189> 60. What Is Hydroxyapatite Toothpaste, and Is It Better for You? - MD Periodontics, <https://mdperio.com/blog/what-is-hydroxyapatite-toothpaste/> 61. Dr. Brite Whitening Mineral Toothpaste, Mint Ingredients and Reviews - SkinSAFE, <https://www.skinsafeproducts.com/dr-brite-whitening-mineral-toothpaste-mint> 62. Dr. Brite Extreme Whitening Toothpaste - Fresh Mint - Blissoma Botanical Beauty, <https://blissoma.com/dr-brite-extreme-whitening-toothpaste-fresh-mint/> 63. Dr. Brite - iHerb, <https://www.iherb.com/c/dr-brite> 64. 诺巴顿品牌介绍 - nobaton, <https://nobaton.com/pages/nobaton-page> 65. VUSSEN H 美白優質牙膏亮白柑橘薄荷口味 120

克/包適合黃牙、咖啡愛好者、吸煙者 - 蝦皮, <https://shopee.tw/VUSSEN-H-%E7%BE%8E%E7%99%BD%E5%84%AA%E8%B3%AA%E7%89%99%E8%86%8F%E4%BA%AE%E7%99%BD%E6%9F%91%E6%A9%98%E8%96%84%E8%8D%B7%E5%8F%A3%E5%91%B3-120-%E5%85%8B-%E5%8C%85%E9%81%A9%E5%90%88%E9%BB%83%E7%89%99%E3%80%81%E5%92%96%E5%95%A1%E6%84%9B%E5%A5%BD%E8%80%85%E3%80%81%E5%90%B8%E7%85%99%E8%80%85%E3%80%81%E5%B0%88%E6%A5%AD%E7%89%99%E9%BD%92%E7%BE%8E%E7%99%BD%E5%8A%91-Osstem-i.619448909.25223930626> 66. 【牙麗好 Biogut Plus】 HAP 琺瑯質系列牙膏 - 上醫預防醫學發展協會, <https://gcm.org.tw/wom/biogutplushapgcmdg/> 67. 【亮晶鑽 BioShining】 HAP 琺瑯質系列牙膏 - 上醫預防醫學發展協會, <https://gcm.org.tw/wom/hapbioshiningtw/> 68. BioShining 亮晶鑽- 牙齒修補新世代! 與日本業者合作研發代理主要成分為奈米級 HAP 配方, 為奈米結構原料生物科技的應用。修補牙齒表面微觀缺損, 填補細微裂縫的琺瑯質, 幫助牙周健康。 , <https://bioshiningtw.com/> 69. Biogut+ 牙麗好 HAP 琺瑯質牙膏 75mL 加強型(抗菌/抗敏/牙周/護齦/亮白)日本科技 - 蝦皮, [https://shopee.tw/Biogut-%E7%89%99%E9%BA%97%E5%A5%BD-HAP%E7%90%BA%E7%91%AF%E8%B3%AA%E7%89%99%E8%86%8F75mL%E5%8A%A0%E5%BC%B7%E5%9E%8B\(%E6%8A%97%E8%8F%8C-%E6%8A%97%E6%95%8F-%E7%89%99%E5%91%A8-%E8%AD%B7%E9%BD%A6-%E4%BA%AE%E7%99%BD\)%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%96%B0%E7%A7%91%E6%8A%80-i.36269083.28179130280](https://shopee.tw/Biogut-%E7%89%99%E9%BA%97%E5%A5%BD-HAP%E7%90%BA%E7%91%AF%E8%B3%AA%E7%89%99%E8%86%8F75mL%E5%8A%A0%E5%BC%B7%E5%9E%8B(%E6%8A%97%E8%8F%8C-%E6%8A%97%E6%95%8F-%E7%89%99%E5%91%A8-%E8%AD%B7%E9%BD%A6-%E4%BA%AE%E7%99%BD)%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%96%B0%E7%A7%91%E6%8A%80-i.36269083.28179130280) 70. Hydroxyapatite-Fluoride Toothpastes on Caries Activity: A Triple ..., <https://boris-portal.unibe.ch/bitstreams/c3dc5af0-4757-4980-a538-498c68b4d2c1/download>