

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

團隊合作獎

082914

潔淨更開懷—探究甜食性質和創新牙刷特性對  
牙菌斑的影響

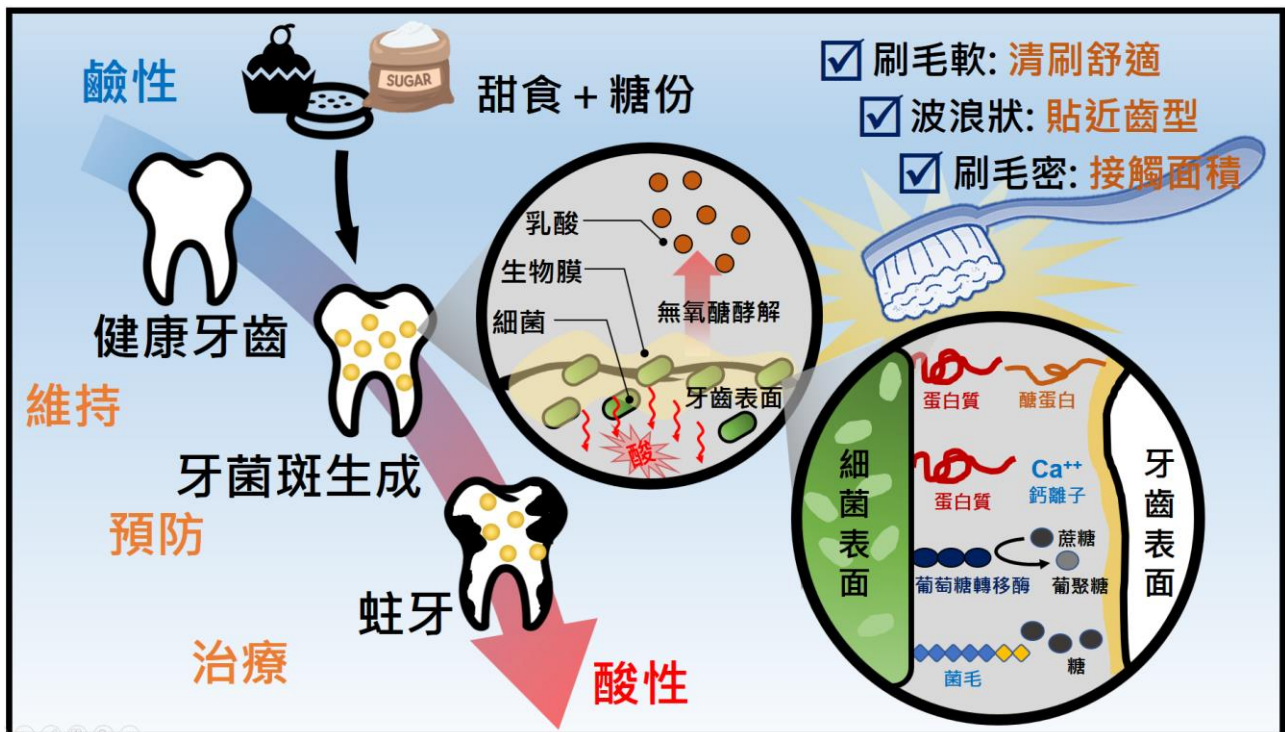
學校名稱：臺北市大安區仁愛國民小學

作者：  小五 蘇品瑄  小五 李炫志  小五 黃躍泓  小五 許原菘	指導老師：  潘滢方  賴心茹
---	-----------------------------

關鍵詞：牙菌斑、甜食、創新牙刷

# 摘要

小學生甜食攝取過量，蛀牙嚴重；而牙菌斑是蛀牙前兆，了解與監控其形成可協助牙齒保健與潔牙工具開發。本研究探討甜食性質與糖含量對牙菌斑生成影響，及牙刷特性對清除牙菌斑之效果。故設計實驗一、分析吃完五種甜食前後牙菌斑生成量；二、探查不同甜度花茶對牙菌斑影響；三、評估十種牙刷清除牙菌斑效果。研究結果顯示：較黏稠焦糖煎餅搭配每 100 毫升含 40 克白砂糖花茶所產生牙菌斑最多；影響清潔效果的特性依序為刷毛柔軟、波浪程度大、刷毛緻密增加接觸面積，創新牙刷應著重此三項目。這次研究讓我們了解甜食性質和糖分多寡會促進牙菌斑生成，正確清潔牙菌斑，做好口腔衛生可防蛀牙；同時也提供口腔健康教育與未來開發新型牙刷、申請專利的基礎。



# 壹、前言

## 一、研究動機

根據衛生福利部國民健康署統計，近年國內小學生的蛀牙情形越來越嚴重，甚至高過全世界平均。家中長輩與學校老師告訴我們要預防蛀牙的方式就是少吃甜食且多刷牙；但甜食不僅小學生喜歡，大人們也常常無法抵擋其誘惑。然而並沒有人能明確告訴我們什麼甜食對於蛀牙最有影響？有沒有比較不會造成蛀牙的甜食？我們平常喜歡吃、常常吃的甜食是不是真的都對牙齒健康不好？只有一點甜也會造成蛀牙嗎？要多甜的才會產生蛀牙風險？喜歡甜食的我們非常好奇這些生活中的問題。

另一方面，刷牙雖是預防蛀牙的方式之一，但同學間討論發現也有勤於刷牙的小朋友會長蛀牙，到底是什麼原因呢？這幾年大家對「潔牙」特別注重，醫師也提倡在三餐飯後刷牙以避免發生蛀牙或口腔問題。但市面上販賣的牙刷種類繁多，像是刷毛軟硬度，不同形狀或大小的刷頭等等，不同牙刷會不會對蛀牙產生不一樣的效果？這些我們非常想要瞭解的事情，成為了我們進行這次研究的動機。我們希望可以透過科學的方法來分析蛀牙前兆-牙菌斑的形成到底和甜食種類與糖含量有沒有關係？探究具有什麼特性的牙刷潔牙效果比較好？我們還想根據研究的結果自己設計出最適合小朋友使用的好牙刷，期待可以申請專利、提供新型牙刷的開發。

## 二、研究目的

藉由本研究，我們希望了解日常生活喜愛的甜食還有牙齒清潔工具對於牙菌斑生成和清除有沒有影響，讓我們可以對自己的口腔衛生和飲食習慣有所警惕，增加自己牙齒與口腔的健康認知及開發創新潔牙工具。故此，我們的四項主要研究目的如下：

- (一) 探討不同甜食對牙菌斑生成的影響。
- (二) 探討甜食中的糖含量對於牙菌斑生成的影響。
- (三) 探討不同牙刷特性對牙菌斑清除的效果。
- (四) 設計研發清除牙菌斑效果好的潔牙工具。

### 三、文獻回顧

#### (一) 牙齒健康的重要

牙齒是身體上重要的器官之一，對我們的健康非常重要。日常生活中除了咀嚼食物、幫助食物均質化，也促進與唾液的混合、幫助養分分解；在解剖學上還支持顏面骨頭中的上下顎，讓我們臉形外觀更完整、美觀；同時，牙齒也幫助說話與發音，讓我們得以正確傳達訊息、與人溝通。牙齒並不是單純的硬組織形成，主要是由不同密度與硬度等複雜組織和神經組合而成，再加上看不見的根部是由齒槽骨包覆固定著，從外到內可以分為琺瑯質、象牙質、牙髓腔三層。琺瑯質是牙齒中高度鈣化最堅固的一層，成熟琺瑯質呈現白色半透明狀態，因高度鈣化所以裡面不具有神經與血管，最主要功能除了幫助我們撕裂和磨碎食物外，更可以保護裡層的象牙質；不過它是一個不會再生的組織，當發生蛀牙後是沒有辦法自行修復的，再加上它沒有神經存在，新陳代謝緩慢，所以常常不會發覺有蛀牙存在。象牙質位在琺瑯質下方，由很多纖細小管形成，對於生理和病理的刺激是有反應的，所以被認為是活的組織；相對琺瑯質無法再生，象牙質終生都會生長，如果牙齒受到損傷或蛀牙，象牙質就會新生防止最內層的牙髓曝露；但如果牙蛀得太快，來不及新生，牙髓就有可能受到損傷。牙髓腔裡面有神經纖維、血管、淋巴管還有一些與牙齒新生有關的細胞，可以維持供給、象牙質需要的血液與養分。不過因為它具有神經，可以接受冷、熱、物理碰撞、細菌生長刺激，所以負擔了牙齒主要的感覺任務，如果損及牙髓腔，不只會覺得疼痛，整顆牙齒也因而變得不穩固，最後造成牙齒掉落或是需要拔除。

據衛生福利部的統計資料，台灣小朋友平均每位有高達 2.5 顆的蛀牙，高於全世界平均的 1.67 顆；五歲就有蛀牙的小朋友高達 80% 以上，而成年人有超過九成罹患不同嚴重程度的牙周病。齒科疾病影響到的除了咀嚼、美觀、言語等功能外，還深深地影響著社交以及心理健康。如果站在疾病發生的角度討論，牙齒非常靠近臉部，且有高密度的血管、神經，所以如果遭到細菌感染，就可能會很快擴散、引發嚴重疾病。根據過去研究，口腔中牙齒相關的感染將造成發炎反應，尤其會使原本年長者身上的心血管疾病、糖尿病等慢性病失控。另有研究顯示：包括心臟病、糖尿病，吸入性肺炎、早產、癌症、關節炎、骨質疏鬆等也都與牙周病有關係。然而無論是檢查疏忽或是自己懶惰沒有定期檢查，

牙周病卻最容易被忽略；如果以數據來看，嚴重牙周病人的中風風險是沒有牙周病者的 4.3 倍、罹患肺炎是 2.9 倍、孕婦早產或嬰兒體重過輕是 7.5 倍，據此可知維持牙齒健康是多麼重要的一件事。

## (二) 蛀牙的發生

蛀牙是牙齒受到一段時間酸性腐蝕所造成的結果，且受腐蝕部分無法再次修復，一旦蛀了牙就只會越來越嚴重，直到以補牙的方式移除受到感染的齒質。為什麼會造成蛀牙？其實在正常的狀況下，牙齒應該是中性至鹼性的狀態；但是當我們吃東西後食物殘留於牙齒上，在溫暖潮濕的環境中，細菌就會滋生；這些細菌如果再接觸到食物中殘留的糖分時就形成生物膜，便會以無氧呼吸快速生長，代謝產生酸，使得原本鹼性的牙齒變成低於 pH5.5 的酸性環境，而酸性環境對於牙齒琺瑯質是一種刺激，久而久之會腐蝕造成傷害，多次循環後就會蛀出一個洞，如果忽略不去注意或是沒有修補，當牙洞越大越深，下方象牙質修復速度無法趕上時，便因持續往下侵犯牙髓腔中的神經，自然就感覺到牙痛；如果繼續嚴重下去，有可能細菌就隨著血管、淋巴管蔓延，屆時就痛苦到得要拔除不可。

蛀牙速度還有嚴重程度受到許多因素的影響，比如蛀牙區域、琺瑯質厚度、象牙質品質等；如果可以及早發現蛀牙將會比較好處理。蛀牙初期僅會在表面看到霧白色不光滑質地，比較嚴重可能會呈現黃色狀斑點，通常不大會有異狀，可用高濃度氟化物進行修復，再加養成良好清潔習慣即可，對健康不會有太大影響。比較嚴重是已經腐蝕到穿過琺瑯質，不過此時不見得會有症狀，僅可能對於比較甜或是特別冷熱的、堅硬的食物產生明顯的感覺，此階段尚可用特殊的材料進行修補、避免範圍擴大。如果嚴重到細菌已侵犯牙髓腔產生發炎，牙齒就會明顯感到疼痛、持續不舒服，影響到日常生活；這時就必須使用較侵入式的治療方式，如根管治療；若根管治療也無效，就只得進行拔除，屆時影響層面就很廣泛，付出的代價也會相當巨大。

## (三) 牙菌斑

蛀牙產生的原因很多，與個人體質、飲食習慣、清潔習慣都有高度相關。過去世界衛生組織曾定義蛀牙為傳染病；有研究發現家族中有容易蛀牙或較嚴重蛀牙的成員，後代也比較容易有蛀牙。雖然還有待發掘更明確的證據，不過個人體質面對環境刺激，確

實會讓蛀牙發生速度、嚴重程度有所不同。飲食是另一項造成蛀牙的重要因素：甜食、汽水、果汁都會直接致使牙齒的酸化，嚴重者甚至有胃酸逆流到口腔造成因酸性蛀牙的情況。雖然蛀牙是酸性環境所造成，不過若能在吃完東西後有效清除牙齒上殘留的物質，不讓酸性、高糖食物在口腔中長時間存在，也是避免蛀牙的方法；因此能以正確方式刷牙是口腔清潔的關鍵。

牙菌斑就是俗稱的牙垢，其實是細菌、糖分以及食物殘渣或是口腔脫落的上皮細胞長時間不斷地累積且沒被清除而留在牙齒上形成黏稠的薄膜。一開始為透明無色，一旦變多、變厚就會成為黃色或棕色。這些東西一直累積會使得牙齒上的細菌接觸不到空氣中的氧氣，變成使用無氧呼吸產生大量酸性物質，假使無法即時被清除就會腐蝕琺瑯質，是造成蛀牙和牙周病的重要因素。

牙齦上的牙菌斑在最初兩天先呈現緩慢堆積，厚度增加到第 7 天時就會累積到最大量；若不將口腔淨潔加以恢復，到第 11 天就可能產生牙齦炎了；而且牙菌斑長期存在又無法被有效清潔後，就會轉變成牙結石。根據過去研究，牙齦健康狀況與牙菌斑的量有高度相關，所以個人日常規律的潔牙習慣對牙菌斑的控制和牙周病的預防有絕對的關聯。

#### **(四) 食物與牙菌斑的形成**

除個人體質對蛀牙的影響，飲食習慣與清潔方式是造成牙菌斑形成的兩大重要因素。各種食物中的味道，包括酸、甜、苦、辣、鹹、澀等對於口腔的健康都有影響。根據先前所提，造成牙菌斑及蛀牙主要為甜食與酸性環境，再加上一般民眾，尤其是小朋友喜愛甜食以致無法抗拒其誘惑，甜食即成為牙菌斑產生主要探討的目標。除了甜食種類，吃甜食的習慣也會影響牙菌斑生成。根據研究，吃甜食的最佳時間點是在正餐中間或是剛吃完飯後，因為這段期間唾液分泌量會增加，可有效消除口腔中細菌產生的酸，而且口腔被唾液潤濕後有助於清除食物殘渣；黏牙的甜食，特別是果乾類甜食對於牙菌斑的生成會比較明顯，因為這樣的甜食會讓食物在牙齒上停留過久；另外一方面，澱粉類食物比較容易卡在牙縫中，如果沒有適當清除也會造成牙齒酸性程度增加，所以小朋友在喜歡吃甜食的同時，也需要學著處理這些甜食造成牙菌斑的後果。

然而，有些食物對於維持牙齒健康是有幫助的，例如：乳品或優格，雖然它們也容易產生酸性物質，但有過去的日本研究顯示，兩者對於牙菌斑和口腔疾病都有預防效果，

重要的是其鈣成分可以作為鞏固牙齒的原料。還有傳統豆腐，也因為含有優質蛋白質與鈣質，對牙齒不好的人而言是一種好咀嚼又營養的食物。另外，部分植物性食物，如洋蔥、芹菜等可以幫助去除食物殘渣，平衡酸鹼度，裡面更有抗菌成份可以抑制細菌生長；最後，多喝水保持口腔濕潤，維持口腔清潔，也是防止牙菌斑生成的方法之一。當前雖然有些文獻探討甜食攝取和蛀牙比例有高度相關性，也證明特定的食物對於牙菌斑的形成有促進效果；不過尚未存在針對孩童喜歡吃的不同甜食以及單純糖含量增加會不會影響牙菌斑生成的系統性研究。

### (五) 牙菌斑的偵測

檢查與偵測牙菌斑的方法很多，有些只能在醫院使用特殊儀器進行；有些則可在家中簡單測量。其中最方便的就屬牙菌斑顯示劑，它是一種含有可食用色素的染色劑，操作很簡易：一般來說可以在刷完牙後用棉花棒均勻塗抹於牙齒及牙齦表面，再用清水漱口把多餘的顯示劑吐出，若牙齒表面出現紅紫色斑，代表有牙菌斑殘留。

### (六) 牙菌斑清除與牙齒清潔的工具

大家通常透過以下方式控制牙菌斑，包括：機械式，如牙刷、牙線、牙籤、牙間刷、電動牙刷等；化學式，如漱口水、牙膏等。定期清除牙菌斑是防止其形成的唯一方法，目前還是以牙膏搭配牙刷刷牙的使用最為通俗、方便且效果好。根據過去研究，之所以無法利用機械式潔牙方式有效預防或清除口內牙菌斑的形成與堆積，多是由於未使用正確刷牙技巧以及挑選合適的牙刷，所以還常會利用有化學藥劑性質的漱口水輔助，而牙刷是目前日常生活中最常用也最重要的牙齒清潔工具。

刷牙工具的起源可回溯到公元前 3500 至 3000 年，當時巴比倫人和埃及人會磨刮樹枝製作牙刷，考古學者也在古埃及人的陵墓中找到陪葬用的牙刷柄。約公元前 1600 年，中國人利用帶香氣的樹枝製作能清新口氣的「咀嚼牙刷枝」。據說中國人在十五世紀時將豬鬃毛附於骨頭或竹柄上，發明了首款天然刷毛牙刷。當牙刷從中國引入歐洲後，這種設計以較柔軟的馬毛、羽毛得到改良，廣受當時人歡迎。較近代化的牙刷於 1780 年左右由英國人 William Addis 率先發明，刷柄以小牛骨製成，刷毛則仍是豬鬃毛。1844 年，首款三行刷毛牙刷面世。直至 1938 年 Du Pont 尼龍的發明取替了天然刷毛，推動現代牙刷的發展；及至五〇年代，人們已普遍選用較柔軟的尼龍刷毛製造牙刷。此外，首款電

動牙刷於 1939 年面世，而 1960 年的 Broxodent 牙刷是美國首款電動牙刷。時至今日，手動及電動牙刷有不同形狀及尺寸，並通常配備塑膠注模刷柄及尼龍刷毛。最新的牙刷款式包括直身、呈斜角或彎曲的設計，配以手柄及柔軟橡膠，更容易緊握使用。牙刷一般採用人造刷毛，質料從非常柔軟至柔軟不等，有時候亦採用硬身刷毛。牙刷頭涵蓋幼童使用的小型刷頭、較大兒童適用的稍大型刷頭，以及長方形、矩形、橢圓形和近乎圓形的各款成人牙刷頭。牙刷的基本形式與當初巴比倫人和埃及人的設計無異—可以手握的刷柄以及清潔牙齒的刷毛。歷經長久發展，牙刷已演變為一種根據科學設計的工具，採納了現代人體工學元素，並以裨益大眾安全和衛生材質製成。由此可知，人類為了牙齒清潔，不斷的在改良與發明更好用的牙刷。不過，雖然截至目前市售牙刷種類多不勝數，但針對兒童設計可以有效清除牙菌斑的牙刷仍不多見，極需投入更多的構想來開發。

### (七) 過去相關科展研究

為確認本研究的新穎性以及未來應用性，我們針對過去近 20 年文獻，包括：學術研究成果、學位論文、中小學科學展覽會作品進行蒐尋、了解、比較。依照發表時間統整於表 1。事實上，針對牙齒牙菌斑與清潔相關主題有幾篇，包括：第 50 屆全國科展「你刷了沒—牙菌斑的指示劑」探討顯示劑種類效果；第 52 屆「沒齒難忘的乳香~乳飲品對牙齒的影響」探討喝乳製品後的潔牙習慣；第 56 屆「引賊入”口” — “木賊”潔牙效果之探討」討論木賊和樹枝牙刷的潔牙效果；第 45 屆「防蛀新主張—嚼口香糖？」探討口香糖是否具有潔牙的功用。因此，我們是第一個探討平常小朋友喜歡吃的甜食對於牙菌斑生成影響，且進一步循序漸進研究糖含量和牙菌斑生成是否具有相關性，以及該用哪種特性的牙刷來清除這些食物所引起的高牙菌斑；希望可以根據這樣的結果給我們自己以及大家在日常生活中飲食與潔牙習慣有一些了解與警惕，確保口腔衛生健康；同時也希望我們可以開發出真正適合孩童使用的牙菌斑清潔牙刷。



表 1 過去(2003-2022)牙齒牙菌斑與清潔相關主題研究文獻探討比較表

年份/ 日期	文獻類型	出 處	牙菌斑形成與清除的因素			備 註 說 明
			食 物 種 類	糖 分 含 量	預 防 與 清 除	
2022	科展作品	本研究	五種食物，探討其特性與牙菌斑生成影響。	糖分含量對牙菌斑生成的影響。	以 10 種牙刷分析牙菌斑清潔效果佳的特點。	可為健康教育教材，並提供新型牙刷產業開發基礎。
2019	碩士論文	林培正 中山醫學大學 醫學檢驗暨生物技術系	無	無	鹽滷藉高濃度離子抑制鏈球菌落與生物膜形成。	以培養方式評估牙菌斑細菌數
2006-9	學術研究報告	中華牙誌 高雄醫學大學與中研院合作成果	乳製品與兒童蛀牙比例之流行病學相關性分析。	無	無	分析食物與齲齒的相關性，未針對早期牙菌斑預防。
2016	碩士論文	柳昭蔚 長庚大學 顱顏口腔醫學研究所	無	無	漱口水加氯己定與中藥牢牙散可抗菌減少牙菌斑。	以牙菌斑顯示劑搭配人工判讀評估。
2016	科展作品	引賊入口-木賊潔牙效果之探究 中華民國第 56 屆科展國小組	無	無	討論木賊牙刷、樹枝牙刷、一般牙刷對於牙齒細菌生長影響。	以牙菌斑顯示劑與細菌培養的方式評估潔牙與抗菌效果。
2016	碩士論文	賴奕邵 雲林科技大學 工業工程管理系	無	無	大小刷頭電動牙刷對於牙菌斑清除效果無影響	僅分析在電動牙刷上的刷頭大小
2012	科展作品	沒齒難忘的乳香-乳飲品對牙齒的影響 中華民國第 52 屆科展國小組	乳飲品的酸鹼度越低，對牙齒傷害越大。以及其對於細菌數變化影響。	無	探討含氟牙膏與氟膠對於牙齒受到酸性乳製品傷害影響。	並未探討到糖分與牙刷特性。
2012	科展作品	防蛀新主張-嚼口香糖?! 台北市第 45 屆科展國小組	口香糖會使口腔細菌數不明顯，但菌落數仍高過刷牙後的數量。	無	無	探討口香糖的潔牙功用
2011	科展作品	不給糖就搗蛋-蛀牙細菌的抑制	無	無	無	利用分子生物學方式分類牙

		中華民國第 51 屆科展高中組				齒上培養出來的細菌
2010	科展作品	你刷了沒一牙菌斑指示劑 中華民國第 50 屆科展國中組	無	無	無	利用火龍果汁液可以做為牙菌斑顯示劑的替代品
2003-5	媒體報導	康健雜誌 第 54 期	十種食物讓牙齒健康、口齒清新	無	無	並未探討牙菌斑形成與清除

## 貳、研究設備與器材

### 一、甜食的選擇與製備

選擇甜食的時候，除了考量小朋友的喜愛與經常食用性外，因研究欲探討食物材質，因此盡量包含黏稠與否（sticky or non-sticky）、液態與固態、軟或硬等特性，包括：

#### (一) 綠豆湯

將買來的綠豆泡水 8 小時，用綠豆和水 2：1 的比例混合後，利用大同電鍋煮熟。

#### (二) 小湯圓湯

先將水煮滾後，把購買來的紅白小湯圓丟入中火繼續烹煮，等待湯圓浮出即撈起。

#### (三) 優酪乳

Ceaby 雪比品牌優酪乳為一般商店購買，內容物根據產品記載為：生乳、純水、異麥芽寡糖、草莓水果、果膠、乳酸菌。

#### (四) 豆花

豆花為坊間購買來的產品，品牌為「豆之味有機嫩豆花」。

#### (五) 荷蘭傳統糖漿煎餅

購買自一般商店，品牌為 Gouda's Gilde，進口自荷蘭阿姆斯特丹(圖 1)。







圖 1 研究所選用的甜食 左至右為豆花、綠豆湯、小湯圓、優酪乳、荷蘭傳統焦糖煎餅

### 二、潔牙牙刷的選擇

本研究所使用的牙刷以市售可買到的為主，主要的規格與特性列於表 2。

表 2 本研究所使用到的牙刷比較列表

編號	品名	刷毛材質	特色	用途
1	M 牌寬幅牙刷	超細緻刷毛	潔牙面積廣，柔軟舒適，減少牙齦壓力、呵護牙齦	清潔牙齒與牙齦縫隙
				
2	W 牌極細牙刷(波浪型)	80 微米纖維毛	波浪造型，提升舒適度和深入清潔	深層清潔口腔死角
				
3	W 牌極細牙刷(平面型)	80 微米纖維毛	符合人體工學，舒適且深入清潔	刷牙更輕鬆
				
4	S 牌牙周護理牙刷(小頭軟毛)	尼龍飽和聚酯樹脂	觸感柔韌彈性，中央凸形牙周護理極軟毛，深入齒間與齒頸部牙齦溝	清除牙菌斑、護理脆弱牙齦
				
5	D 牌超軟毛牙刷	熱塑性聚脂樹脂	高度集中刷毛、柔軟絨毛感刷毛、可刷出綿密泡泡	軟毛可輕柔按摩牙齦
				
6	K 牌負離子極細型大刷頭軟毛牙刷	外側：軟毛 內側：刷毛較硬	利用 KISS YOU 原理，以負離子將吸附在牙齒上唾液連同齒垢脫離。	內側按摩牙齦，外側清除齒垢
				
7	E 牌 48 孔七列優質倍護牙刷	內外側雙重軟硬混合植毛	刷頭加寬，接觸牙齒面積廣，減少刷牙時間，深入清除污垢	增大齒面接觸面積，舒緩牙齦壓力
				
8	C 牌 Cushion Clean 牙刷	花瓣型濃密氣墊雙重刷毛	氣墊刷毛有彈性，打造綿密泡沫，有效幫助清潔齒縫	溫和按摩牙齦，不傷牙齒表面琺瑯質
				

9	D 牌小細清潔牙刷	微米級 4 尖端螺旋型纖細刷毛	內圈刷毛分叉為四尖端可以深入牙縫清潔。外圈螺旋刷毛呈六角形，可以有效清潔牙齒。	深入牙齦溝清除牙縫污漬
				
10	S 牌濃密深潔牙刷	>0.01mm 尖端纖柔細毛	旋風型密集軟，提升 10 倍植毛量，加強牙齒清潔力	體貼牙齦，不傷琺瑯質
				

### 三、牙菌斑顯示劑

購買自一般藥妝店，品名為「揚」牙菌斑顯示劑，6cc 包裝，友恭實業有限公司進口，北市衛藥販(安)字第 620102H676 號，實驗步驟依照包裝標示使用方法進行。

### 四、分析軟體

記錄表格、筆、電腦、數位相機、統計軟體（微軟 Microsoft 的 Windows 版 Excel 2016 及 Mac 版 Excel 2019），圖表繪製使用 GraphPad Prism 8.3.0 版以及 Excel 附加程式 5dchartTM 3.2 版等軟體完成。

## 參、研究過程與方法

### 一、研究設計流程

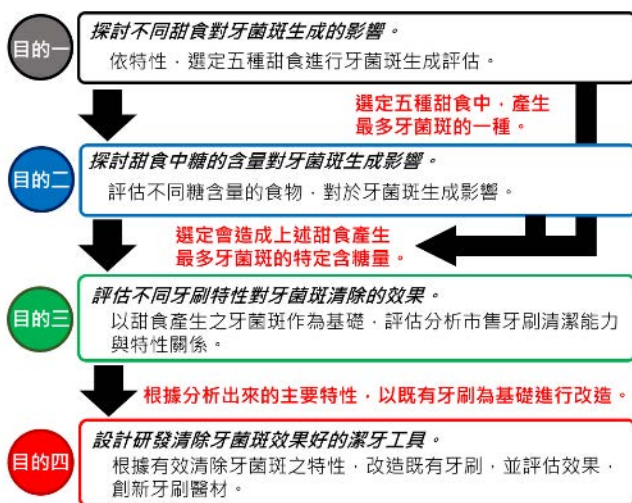


圖 2 研究設計邏輯流程圖

全盤根據主要的四個研究目的做漸進式探討，每一個目的都依前一個目的執行結果繼續往下探索，整個流程如圖 2 所示。研究循序漸進，目的 一主要探討孩童喜愛的不同特性甜食，對牙菌斑生成影響；目的 二主要探討同一食物僅糖含量不同，對於牙菌斑生成的影響；完成前二目的，可以找出造成牙菌斑生成最多的食物搭配，給予

目的三及四的實驗起始點，評估牙刷對於牙菌斑清潔的效果，並分析效果好的主要特點，創發設計合適牙刷。

## 二、甜食咀嚼或食用方式

### (一) 綠豆湯

煮好綠豆湯，以湯匙盛滿綠豆，不含湯放入口中，以固定速度咀嚼 50 下，讓綠豆均勻嚼碎完全與牙齒做接觸，咀嚼期間不吞嚥。完成後舀一匙湯，隨綠豆緩慢吞下，後再以一匙湯將殘渣緩慢洗去並吞嚥以完成食用。

### (二) 小湯圓湯

用湯匙舀取煮好的湯中兩顆湯圓，不含湯放入口中，以固定速度咀嚼 50 下，讓湯圓均質化完全與牙齒接觸，期間不吞嚥。完成後舀一匙湯，隨湯圓緩慢吞下，後再以一匙湯將殘渣緩慢洗去並吞嚥以完成食用。

### (三) 優酪乳

優酪乳開封後，一次飲用 10 毫升，在 20 秒內飲用完畢，重複三次。

### (四) 豆花

一次吃一匙的量配上 2 毫升的糖水，在 20 秒內食用完畢，重複三次。

### (五) 荷蘭傳統糖漿煎餅

取大約 1/4 的餅乾量，於口中徹底嚼碎，約咬 50 次左右，吞下後進行牙菌斑測試，結束後刷牙再進行下次的實驗，重複三次。

## 三、不同糖分比例花茶製備

為了探討糖含量對於牙菌斑形成的影響，我們選用在無糖的花茶中加入不同量的白砂糖(圖 3)，有低濃度、中濃度、高濃度的含糖量，配置方式為每一份精準量取 100 毫升花茶，加入經精準量測 20 克、30 克、40 克的白砂糖後混合均勻，加熱至完全溶解方進行實驗。



圖 3 配置不同濃度的花茶 每 100 毫升花茶，加入 20 克、30 克、40 克的白砂糖

#### 四、牙菌斑顯示劑測試

進行牙菌斑顯示劑偵測實驗時，將牙菌斑顯示劑（約 6 滴）滴在棉花棒上，接著將顯示劑均勻塗抹於上排牙齒中間兩顆門牙上，靜待 30 秒，期間避免以舌頭接觸到門牙；接著以一口水將多餘的顯示劑緩慢輕微洗去，切勿用力漱口，重複三次後將門牙露出以數位相機進行拍照進行記錄分析(圖 4)。不同次重複實驗間，為確保前次的牙菌斑與顯示劑不因殘留而影響到下次實驗，中間以日常生活刷牙方式進行徹底清潔，並在下次實驗進食前，以牙菌斑顯示劑進行測試，確保進食前牙齒不具有牙菌斑，避免數據分析干擾。



圖 4 牙菌斑顯示劑偵測實驗流程

每次重複實驗依照圖示進行並照相作為數據分析根據，結束後進行刷牙，確保前次實驗的牙菌斑與顯示劑皆未殘留，避免技術上造成滯後效應(carry-over effect)干擾。

#### 五、牙刷潔牙方式

為評估不同牙刷對牙菌斑的清除效果，必須統一固定每次每種牙刷清除的方法與流程，確保比較公平。用於評估的牙刷，以平常刷牙的力道與速度在上排牙齒最前面兩顆門牙前面與背面來回刷動各 20 次後，立刻進行牙菌斑顯示劑測試，拍照記錄並分析。

#### 六、牙菌斑定量分析

本研究中牙菌斑的定量是利用 ImageJ 軟體(1.53K 版)進行，是美國健康學院所開發的免費軟體，具有多功能的分析方式。牙菌斑的分析我們最後決定用牙菌斑佔整顆牙齒的面積百分比來表示(圖 5)，首先我們將照好的照片進行裁切，只留下嘴巴的部分，接著針對上排牙齒最前面兩顆門牙做分析。一、先將照片的對比增強，以確定牙菌斑和牙齒可以明顯區分；二、將照片轉為黑白，讓軟體可以進行辨識；三、利用軟體調整牙菌斑訊號的範圍，讓牙菌斑的訊號呈現黑色；四、以軟體的圈選工具將一整顆牙齒的範圍圈出來；五、用軟體進行計算，將圈選出的牙齒範圍面積當作百分之百，牙菌斑黑色的區域和牙齒面積相除，得到牙菌斑面積的百分比。

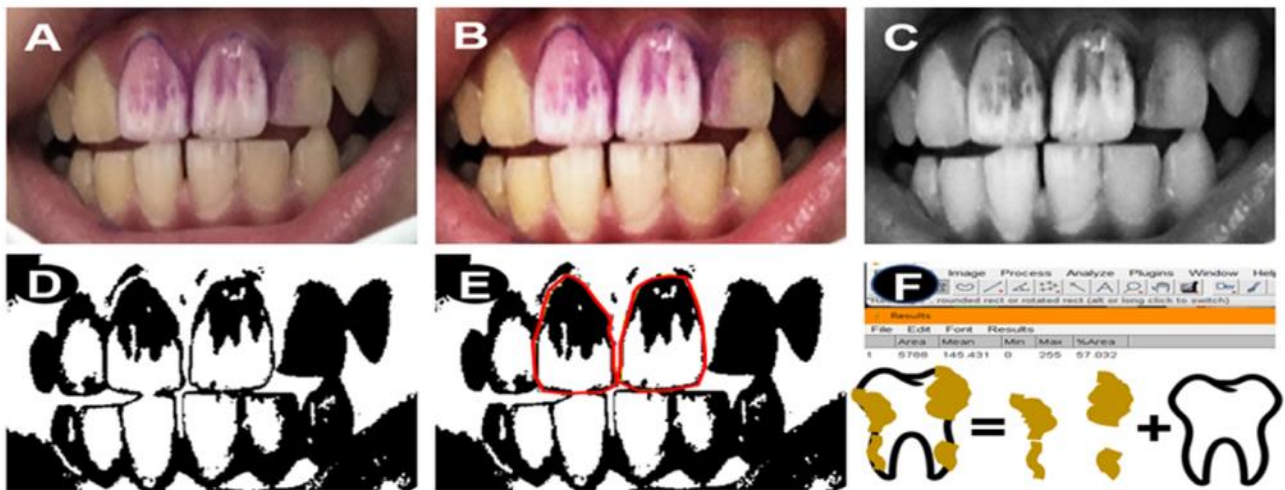


圖 5 牙菌斑定量流程圖

- A.將牙菌斑檢測完的照片進行裁切，留下需要分析的上排門牙部分；
- B.調整照片對比至牙菌斑與牙齒差異最明顯；
- C.將照片去除色彩灰階化便於軟體分析；
- D.調整訊號閾值，使牙菌斑的區域為黑色所覆蓋；
- E.圈選欲分析的門牙範圍，主要為上排牙齒最前方兩顆門牙；
- F.以軟體進行分析，結果顯示黑色牙菌斑的區域佔欲分析兩顆門牙區域 57.03%。

## 七、數據分析方式

我們將分析的數據都以牙菌斑佔整顆牙齒面積的百分比表示，每個實驗都重複進行 3 次。在目的的一和目的二，我們將吃甜食前後牙齒上牙菌斑的面積分別計算出來，將三次重複實驗的數值畫成長條圖並將結果於圖表上標示，且以平均值加減標準差呈現進行吃前吃後的差異比較。在目的三與四，會先將三次獨立吃完甜食後牙菌斑面積比例當成刷牙前基準，也就是 100%，再以每支牙刷對三次吃完甜食刷完牙後牙菌斑面積比例與基準比較，計算牙菌斑因該牙刷清潔而減少多相對比例，最後也畫成長條圖，將三次實驗的數值都標示在圖表上，並以平均值加減標準差呈現且比較差異。而為了客觀量化牙菌斑便利考量，我們會以前排上方中間的兩顆大門牙作為分析標的；而與避免甜食或刷牙因素在不同顆牙齒上造成差異，加上考量操作的人慣用右手或左手的差異造成不同牙齒結果可能不一樣，我們會將兩顆牙齒的牙菌斑獨立分析，避免實驗差異影響。差異性比較是以統計學的 Student t-test 或 paired t-test 進行分析，求出的 p 值如果小於 0.05，則認定兩組數據有明顯的差異，圖表上以\*表示小於 0.05；\*\*表示小於 0.01；\*\*\*表示小於 0.001。

## 肆、研究結果

### 一、不同種甜食對牙菌斑生成的影響

在目的中，我們選擇了五種平常喜歡吃的甜食，包括：綠豆湯、小湯圓湯、優酪乳、豆花、荷蘭傳統糖漿煎餅，進行牙菌斑生成的實驗比較。

以綠豆湯來說，在食用前，右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 0.90%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 0.95%；在吃之後右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 3.06%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 4.42% (圖 6)。在統計分析上因變異稍大，所以並沒有明顯的差異。



圖 6 綠豆湯對牙菌斑生成結果

以小湯圓甜湯來說，在吃之前，右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 0.45%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 0.20%；在吃之後右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 0.80%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 3.84% (圖 7)。在統計分析上，因變異稍大，故並無明顯差異。



圖 7 小湯圓湯對牙菌斑生成結果



以優酪乳來說，在吃之前，右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 1.57%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 0.82%；在吃之後右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 9.6%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 10.27% (圖 8)。在統計分析上，因變異稍大，所以並沒有明顯的差異。



圖 8 優酪乳對牙菌斑生成結果

以豆花來說，在吃之前，右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 0.23%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 0.60%；在吃之後右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 1.01%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 1.40% (圖 9)。在統計分析上，因變異稍大，所以並沒有明顯的差異。



圖 9 豆花對牙菌斑生成結果

以荷蘭傳統糖漿煎餅來說，在吃之前，右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 1.14%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 2.29%；在吃之後右邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例平均是 42.54%，左邊的門牙在三次重複的實驗後，牙菌斑的比例是 39.86% (圖 10)。在統計分析上，無論是右前門牙或是左前門牙，都達到明顯差異的標準。



圖 10 荷蘭傳統糖漿煎餅對牙菌斑生成結果

為了選出會產生最多牙菌斑的甜食，我們將所有實驗結果放在一起用熱區圖(heatmap)比較(圖 11)，結果發現荷蘭傳統糖漿煎餅在兩顆門牙比起其他的甜食可以產生較多牙菌斑，除了和吃之前有明顯的差異外，三次重複的實驗也比較穩定，所以接下來就以荷蘭傳統糖漿煎餅進行目的二的實驗。

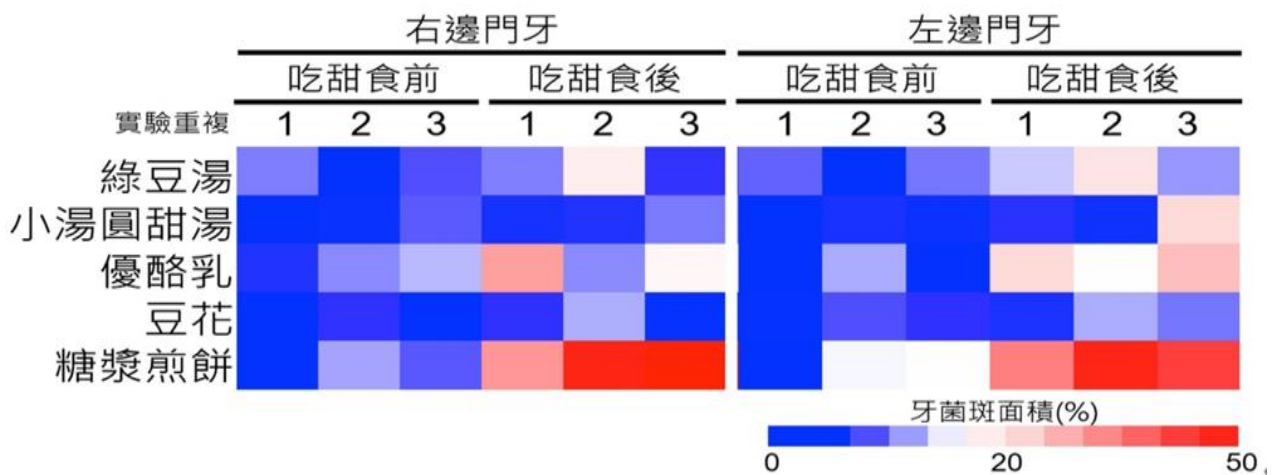


圖 11 各種甜食對於牙菌斑生成的熱區圖比較

**實驗小結：**數字代表牙菌斑佔牙齒面積百分比，紅色越深代表牙菌斑越多。吃完五種甜食後牙菌斑都增加，增加最多的是荷蘭傳統糖漿煎餅，其次是優酪乳和綠豆湯。

## 二、不同糖含量的甜食對牙菌斑生成的影響

在這部分探討的是糖的含量對於牙菌斑的生成是不是有影響。我們總共有三位實驗者進行操作(圖 12)，分別分析了上排牙齒中間兩顆門牙，在每 100 毫升的花茶中加入 20 克、30 克、40 克的白砂糖和沒有加糖的花茶在喝之前和之後牙菌斑面積差異(圖 13)。結果顯示右邊的門牙在不加糖、加 20 克、30 克、40 克白砂糖情況下，喝之前的牙菌斑面積三個人平均分別為 0.84%、1.01%、1.73%、1.31%；而在喝完花茶後，在不加糖、加 20 克、30 克、40 克白

砂糖情況下，牙菌斑面積變成 1.31%、2.01%、4.57%、10.7%。另一方面，左邊的門牙在不加糖、加 20 克、30 克、40 克白砂糖情況下，喝之前的牙菌斑面積三個人平均分別為 1.72%、0.2%、2.31%、1.87%；而在喝完花茶後，在不加糖、加 20 克、30 克、40 克白砂糖情況下，牙菌斑面積變成 3.33%、1.85%、7.01%、18.04%。雖然三位實驗者操作出來的結果有些變異，但可以發現；糖的濃度越高，牙菌斑的面積越大。



圖 12 三位實驗者進行不同糖含量花茶喝之前與喝之後，牙菌斑生成量分析實驗

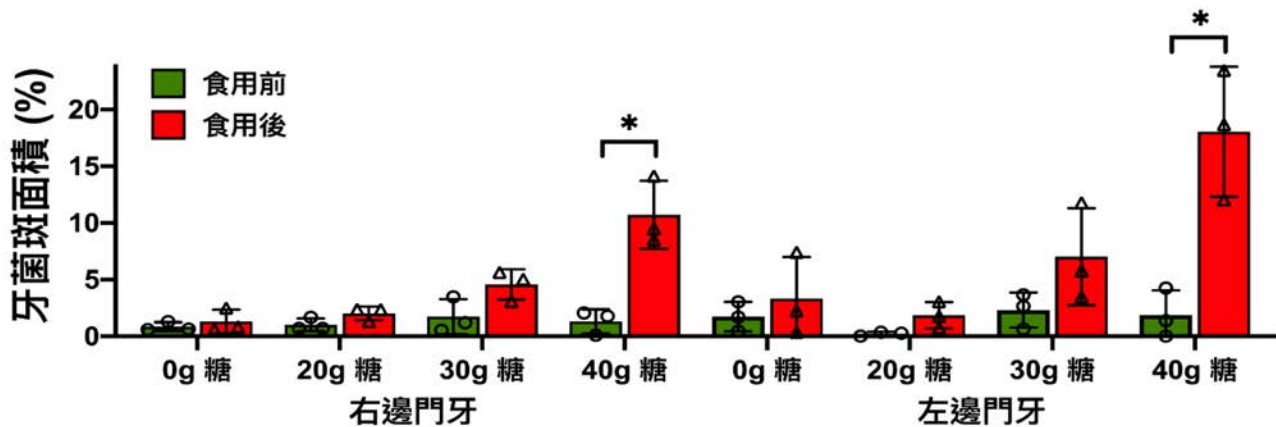


圖 13 每 100 毫升含不同量白砂糖的花茶，對於牙菌斑形成的影響

實驗小結：相較於沒有加糖的花茶，喝完含糖的花茶後無論右前門牙或左前門牙，牙菌斑都有增加；亦可以發現隨著糖的含量增加，牙菌斑增加的數量也上升，在每 100 毫升花茶中加入 40 克的白砂糖，相較於喝茶前，牙菌斑的增加量已達明顯差異。

### 三、探討不同牙刷特性對牙菌斑清除的效果

選用 10 種市售牙刷，由四位研究者分配操作，先食用荷蘭傳統焦糖煎餅，接著飲用 100 毫升內含 40 克白砂糖的花茶後，以牙菌斑顯示劑測量牙菌斑，接著用測試的牙刷固定刷動 20

下，最後再以牙菌斑顯示劑測量牙菌斑，每支牙刷重複三次實驗，結果會以刷牙前的牙菌斑面積做為 100% 基準，與刷完牙後牙菌斑的殘留面積進行比對，評估刷完牙後牙菌斑面積佔刷牙前牙菌斑面積的百分比。結果如下：

### (一) M 牌寬幅牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 11.29%，左前門牙是刷牙前的 36.77% (圖 14)。

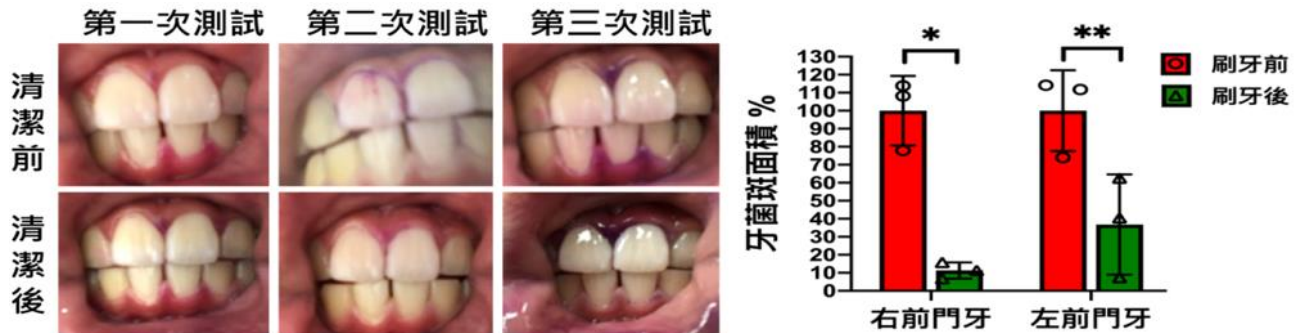


圖 14 M 牌寬幅牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

### (二) W 牌極細牙刷 (波浪型)

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 1.78%，左前門牙是刷牙前的 6.94% (圖 15)。

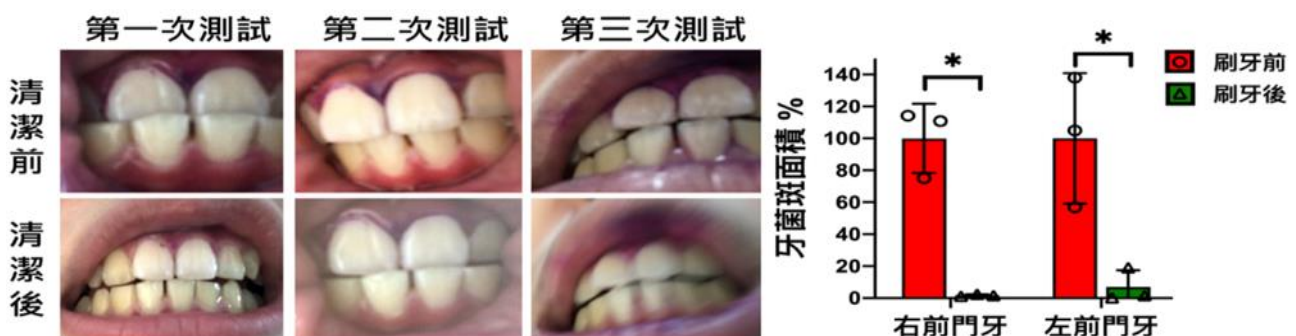


圖 15 W 牌極細牙刷 (波浪型) 刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

### (三) W 牌極細牙刷 (平面型)

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 15.56%，左前門牙是刷牙前的 24.89% (圖 16)。



圖 16 W 牌極細牙刷 (平面型) 刷牙前與刷牙後定量圖

(四) S 牌牙周護理牙刷(小頭軟毛)

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 15.86%，左前門牙是刷牙前的 27.90% (圖 17)。

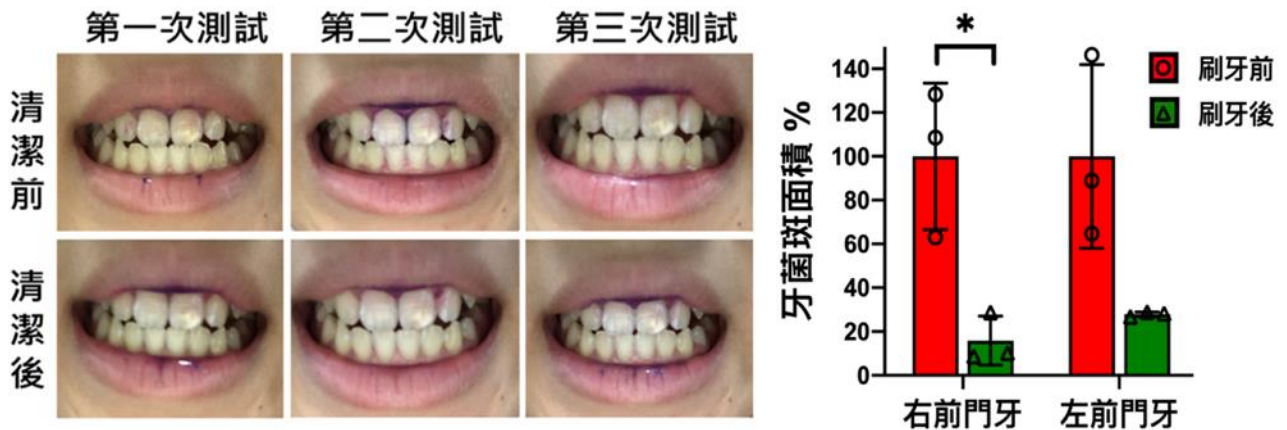


圖 17 S 牌牙周護理牙刷(小頭軟毛)刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(五) D 牌超軟毛牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 2.28%，左前門牙是刷牙前的 3.66% (圖 18)。

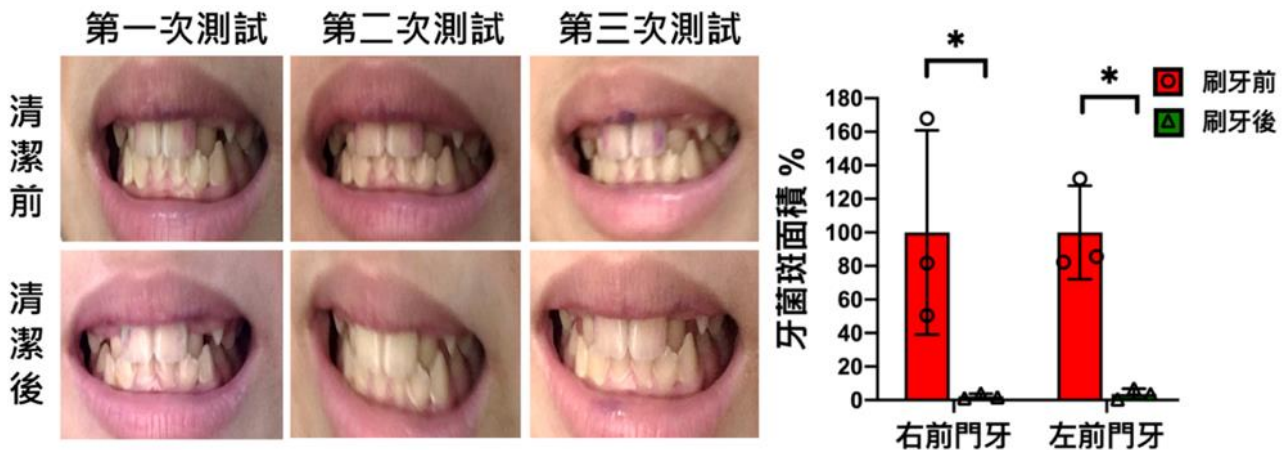


圖 18 D 牌超軟毛牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(六) K 牌負離子極細大刷頭軟毛牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 18.25%，左前門牙是刷牙前的 13.30% (圖 19)。

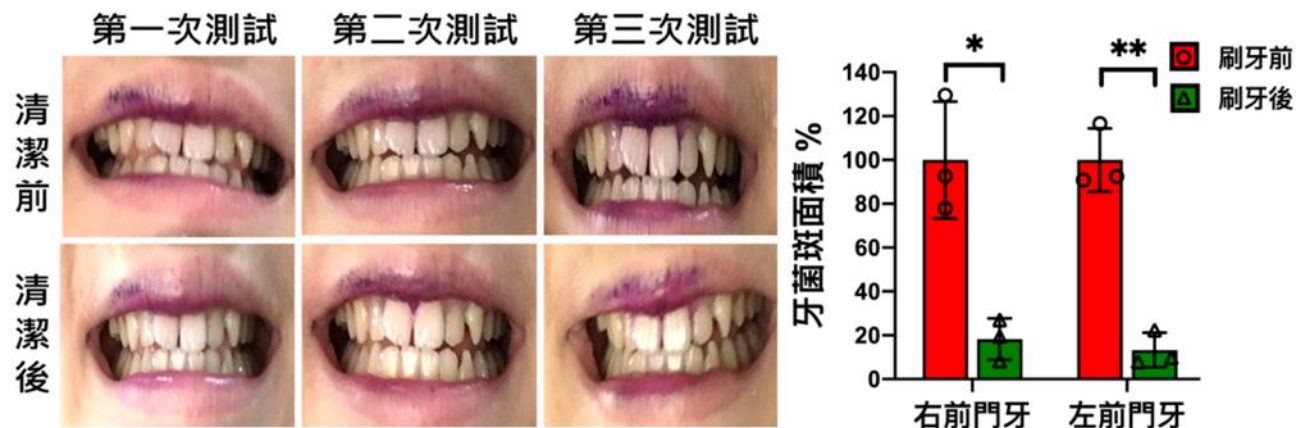


圖 19 K 牌負離子極細大刷頭軟毛牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(七) E 牌 48 孔七列優質倍護牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 12.49%，左前門牙是刷牙前的 6.60% (圖 20)。



圖 20 E 牌 48 孔七列優質倍護牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(八) C 牌 Cushion Clean 牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 16.24%，左前門牙是刷牙前的 26.98% (圖 21)。



圖 21 C 牌 Cushion Clean 牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(九) D 牌小細清潔牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 0.86%，左前門牙是刷牙前的 6.40% (圖 22)。

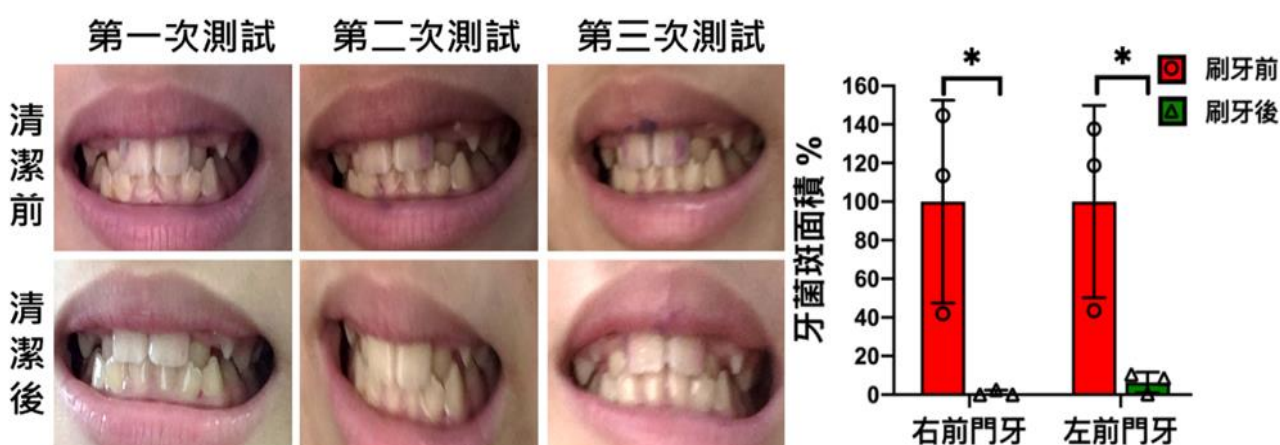


圖 22 D 牌小細清潔牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

(十) S 牌濃密深潔牙刷

刷完後牙菌斑面積右前門牙是刷牙前的 13.36%，左前門牙是刷牙前的 15.19% (圖 23)。

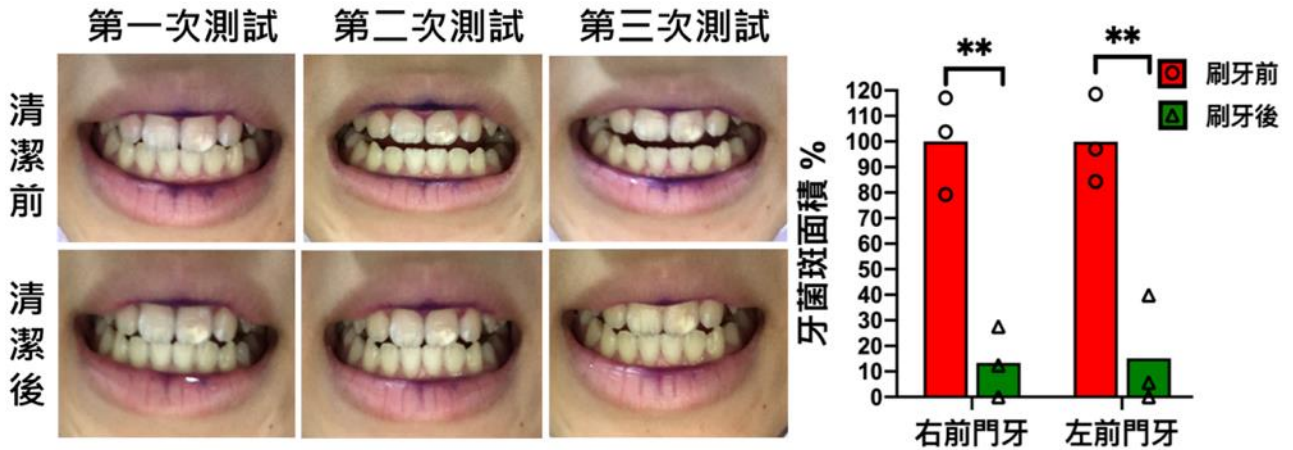


圖 23 S 牌濃密深潔牙刷刷牙前與刷牙後牙菌斑定量圖

最後我們將所有牙刷的潔牙效果擺在一起用熱區圖比較哪些牙刷的潔牙效果最好(圖 24)。由圖的差異加上前述統計結果，如果同時考量：左右兩顆門牙刷牙前後牙菌斑同時有明顯減少以及刷完牙後牙菌斑面積最少兩項因素，我們認為最好的前三名為：D 牌小細清潔牙刷、D 牌超軟毛牙刷、W 牌極細牙刷(波浪型)。

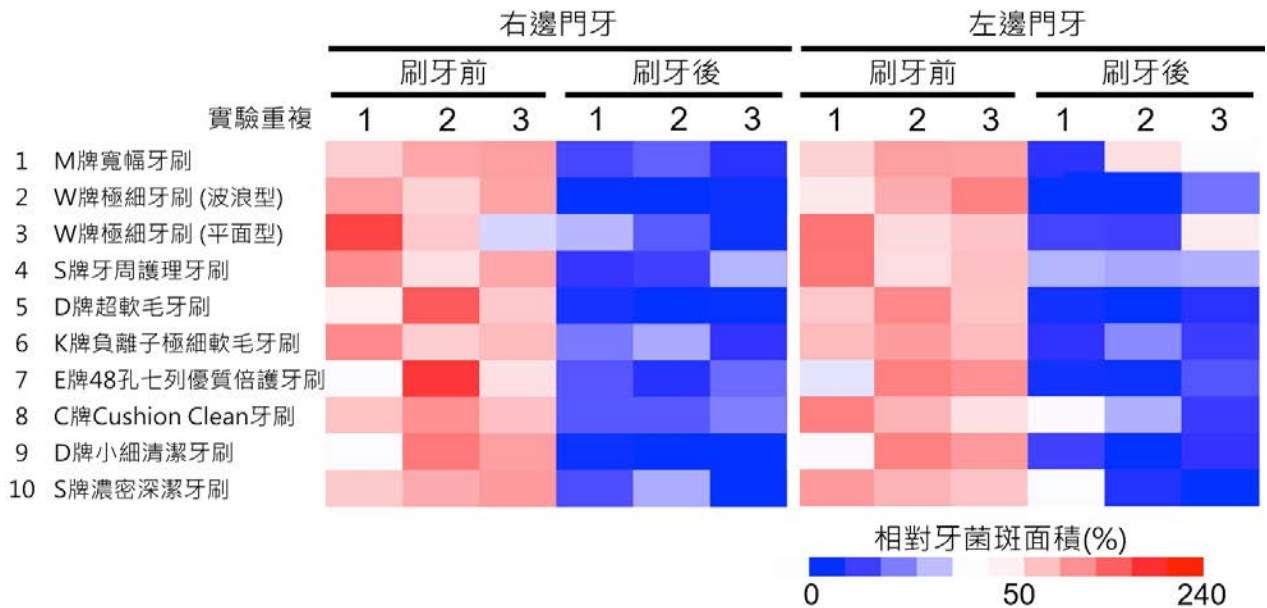


圖 24 十種不同牙刷潔牙效果熱區圖比較

**實驗小結：**以吃完甜食刷牙前牙菌斑的面積比例做為基準（100%），刷完牙後殘餘牙菌斑的面積相較於刷牙前牙菌斑面積的比例進行熱區圖繪製。以各牙刷三次重複實驗吃完甜食刷牙前牙菌斑比例平均做為 100%，再以各次實驗包括：刷牙前與刷牙後，都與此平均值進行相對比較，藍色越深代表清潔效果越好。

#### 四、創新牙刷醫材開發

根據前面實驗結果，潔牙效果最佳的三支牙刷分別為 D 牌小細清潔牙刷、D 牌超軟毛牙刷、W 牌極細牙刷(波浪型)。據此，我們大膽假設：刷頭小、刷毛軟、波浪形狀等牙刷特性適合孩童潔牙，可有效清除牙菌斑。為證明上述假設與創新開發符合小朋友使用的牙刷，遂以現有研究成果為基礎進行改造實驗。因此，研究者們以此三支牙刷為基準，嘗試將其他特性融合在單一牙刷改造，使其具備多重潔牙特點，如表 3。四位研究者並針對刷毛柔軟程度、刷毛接觸面積、波浪形狀程度三項特性的程度進行感受評估與討論，給予 1 至 5 分的不同程度分級，以利後續探討其與牙菌斑清除程度的相關性，並考察可能影響牙菌斑清除效率的重要特性。

表 3 創新牙刷改造開發表

改造基礎	編號	圖片	說明	改造過程	特性	柔軟程度 (硬1-軟5)	接觸面積 (大1-小5)	波浪程度 (平1-波5)
D牌超軟毛牙刷	1		原型	未改造	高度集中刷毛、柔軟絨毛感刷毛。	2	1	1
	2		改造一	剪除1、2、12、13毛叢後才將中央裁剪成突起波浪狀。	呈現波浪狀，平面接觸面積減少約1/3至1/2。	3	3	3
	3		改造二	剪除1、2、12、13毛叢後將中央裁剪成凹陷波浪狀。	呈現波浪狀，平面接觸面積減少約1/3至1/2。	2	4	3
	4		改造三	將毛叢3、6、9、5、8、11剪除一半，而毛叢7剪除1/3，以契合兒童牙齒。	呈現波浪狀，平面接觸面積減少約1/3至1/2。	4	3	4
D牌小細清潔牙刷	5		原型	未改造	內圈刷毛分叉為四尖端可以深入牙縫清潔。外圈螺旋刷毛呈六角形 可以有效清潔牙齒。	1	2	1
	6		改造一	將整個刷毛面改成皇冠造型，三凸二凹以貼合牙齒表面，且將刷毛反覆壓揉。	牙刷本身面積小，改造後，呈現波浪狀，可貼合牙齒，反覆壓揉可降低刷毛硬度，觸感更佳。	2	3	2
	7		改造二	將整個刷毛面改成波浪造型，四凸三凹以外短內長貼合牙齒表面，且將刷毛反覆壓揉。	牙刷本身面積小，改造後，呈現波浪狀，可貼合牙齒，反覆壓揉可降低刷毛硬度，觸感更佳。	3	4	3
	8		改造三	外圈不變動，僅將紅色內圈隨機剪裁成不規則波浪狀貼合牙齒表面，且將刷毛反覆壓揉。	牙刷本身面積小，改造後，外圈可以深入牙縫，內圈波浪可貼合牙齒，反覆壓揉可降低刷毛硬度，觸感更佳。	3	3	3
D牌小細清潔牙刷	9		原型	未改造	內圈刷毛分叉為四尖端可以深入牙縫清潔。外圈螺旋刷毛呈六角形 可以有效清潔牙齒。	1	2	1
	10		改造一	最外圈毛叢與最內中央毛叢不變，中間的毛叢剪除（紅色橢圓圈），且將刷毛反覆壓揉。	本身面積小，改造後，面積約減小1/3，刷毛呈現波浪狀，可貼合牙齒，反覆壓揉可降低刷毛硬度，觸感更佳。	3	4	3
	11		改造二	牙刷最外圈毛叢不變，中間的毛叢間隔式剪除（紅色X位置），且將刷毛反覆壓揉。	本身面積小，改造後，面積約減小1/4，刷毛呈波浪狀，可貼合牙齒，反覆壓揉可降低刷毛硬度，觸感更佳。	2	4	3
	12		改造三	牙刷全部的刷毛間隔式剪除（紅色X位置），且將刷毛反覆壓揉。	本身面積小，改造後，面積約減小1/2，刷毛呈現鋸齒波浪狀，更可貼合牙齒，深入牙縫。	1	3	4



W牌極細牙刷牙刷波浪形	13		原型		未改造	牙刷小，刷毛密度大，具微米纖維毛，減少牙齦壓力。	4	3	3
	14		改造一		將牙刷周圍(紅色區域)的刷毛剪除約1/2，讓周邊的刷毛比中央低。	刷毛與牙齒接觸面積變小，中央高起之刷毛可以深入牙縫，周圍刷毛可持續清潔旁邊牙齒。	4	5	5
	15		改造二		根據兒童牙齒的形狀起伏，分三區(紅色線條)，將刷毛適度剪除至貼合兒童牙齒。	刷毛高低與孩童牙齒表面貼合，接觸面皆可有效清潔。	5	4	4
	16		改造三		將刷毛周圍與中間部分(紅色區域)的刷毛隨機剪除1/2至2/3。	刷毛與牙齒接觸面積小，刷毛呈現鋸齒波浪狀，可深入牙縫。	3	4	4

將 16 支牙刷獨立進行牙菌斑清除效果評估，做為創新牙刷醫材開發基礎。統一以睡眠隔夜醒來且進食早餐後一小時以上之牙菌斑做為清除基準，量測完牙菌斑面積後，以待測牙刷固定上下、左右清刷前上排兩顆門牙後，再次進行牙菌斑量測，如可能盡量進行三次實驗重複(圖 25A)，為了了解三種特性與牙菌斑清除程度間的關係，更進一步將柔軟程度、接觸面積、波浪程度與牙菌斑清除程度，以立體泡泡圖(3D Bubble Chart)呈現，方便分析比較(圖 25B)。

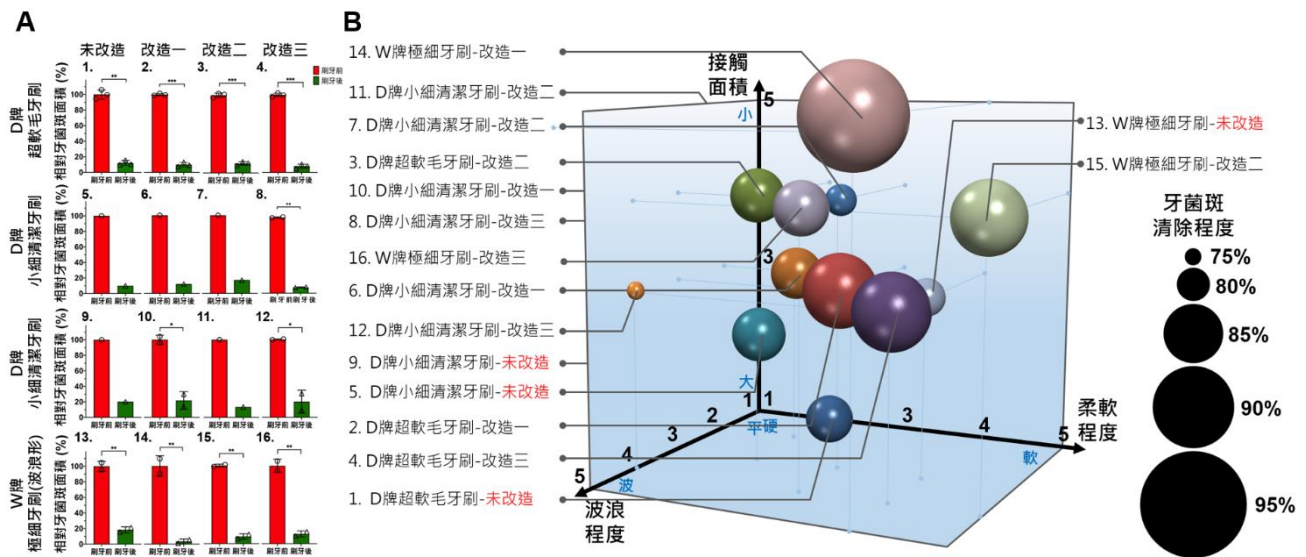


圖 25 創新牙刷醫材分析 A 改造與未改造牙刷，對於牙菌斑清潔程度差異比較圖；

B 各改造牙刷牙菌斑清除程度與各牙刷特性相關性分析之泡泡圖

經泡泡圖趨勢分析，似乎刷毛越軟、接觸面積越小、波浪程度越大的牙刷，清除效果越佳。但經多變數迴歸分析時，得公式：「牙菌斑清除程度=1.83x 柔軟程度-1.06x 接觸面積+0.82x 波浪程度+83.3」，意外發現柔軟程度越大(係數 1.83)、波浪程度越大(係數 0.82)可促進牙菌斑清除。然而，接觸面積越小(係數-1.06)卻不利於牙菌斑清除，雖這樣的結果和我們先前的假設有些微差異，但我們認為這個不同卻是可以做為開發新型牙刷基礎的重要發現。

## 伍、討 論

### 一、不同甜食對牙菌斑生成的影響

(一)實驗結果：我們發現在五種測試的甜點中，以吃完荷蘭傳統糖漿煎餅後產生的牙菌斑最多，其次是優酪乳、綠豆湯，而小湯圓湯和豆花是最少的。

(二)研究推測：我們推測這可能跟甜食材質有關--荷蘭傳統糖漿煎餅本身就含黏稠的糖漿果膠，除了糖份高，黏稠質地(sticky)也容易在牙齒表面附著，讓細菌更容易生長；優酪乳雖然沒有糖漿煎餅黏稠，但比起小湯圓湯和豆花也因較容易吸附在牙齒表面形成薄膜，因此吃完這些甜食後若不立即清潔，口腔也沒有適當的濕潤，就很容易讓細菌生長，產生酸性環境，腐蝕牙齒造成蛀牙。

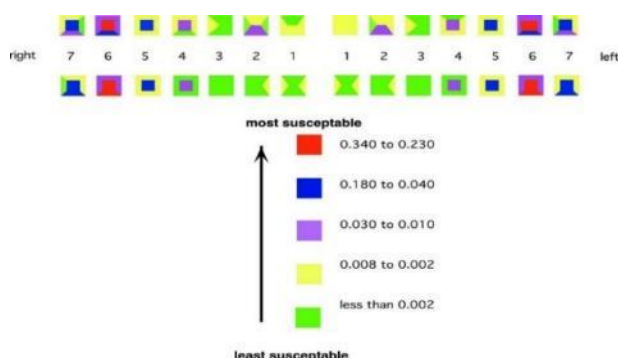
(三)反思與討論：

1. 這次研究還有部分是我們沒辦法掌控的，如這些甜食在我們實驗過程中，產生的牙菌斑並沒有想像多，和嚴重蛀牙的牙菌斑照片比起來相當輕微；可能有很多原因造成這樣的結果，我們覺得與牙菌斑檢測的技術穩不穩定、熟不熟練必然有一定的影響。
2. 最重要的是牙菌斑的形成還是需要一定的時間累積，雖然生物膜可以在幾分鐘內就形成，但初步的細菌聚落產生需要 2--6 小時(文獻八)。加上實際生活中，不是隨時都可以吃完食物就刷牙，給了牙菌斑形成的時間；所以需要考量時間因素，例如長期沒有養成口腔清潔的習慣，糖分在牙齒表面形成的薄膜有一定的厚度，細菌生長也達到一定的量，牙菌斑就會比較明顯。
3. 一來我們進行研究的時間沒有很長，再者參與本次研究的同學大多有定期刷牙的習慣，口腔健康應該都還不錯，可能是這些原因造成實驗的牙菌斑並沒有很多，這點也可以從實驗的數據中看出：三次重複的實驗，牙菌斑面積比例變動都很大，表示實驗測得的牙菌斑並非受測小朋友口中真的因為口腔衛生沒有保持好而檢測出了牙菌斑，這些都是未來還有進行類似研究時需要注意的。

### 二、牙菌斑的定量分析實務

(一)根據以上討論，這也是為什麼我們在分析牙菌斑的時候將左右兩顆門牙單獨分析的原因，雖然理論上兩顆門牙結果應該要相似，但除了上述造成實驗變異的因素外，操作

者慣用手對左右牙齒造成不同也有可能造成誤差，因此過去有研究也有提到，即便是相鄰的兩顆門牙，在蛀牙的好發程度上也會有些許的差異（附圖 1）。



附圖 1 孩童各顆牙齒發生蛀牙的機率

上層代表牙齒的排列，由右至左、上至下；下層以顏色代表發生機率，越紅代表發生機率越高，由圖可知後方的臼齒比前方的門牙機率還高，而相鄰的門牙發生的機率有略為不同。圖取自：Batchelor PA and Sheiham A. (2004)。

*Grouping of tooth surface by susceptibility to caries: a study in 5-16 year-old children. BMC Oral Health. 2004, 4:2*

(二)須注意的一點是，雖然本研究創新使用了 ImageJ 軟體進行牙菌斑的定量使得結果的判讀更具比較性；但事實上，此軟體僅能對牙菌斑的面積進行評估，實務而言牙菌斑仍需考量到堆積的厚度與體積，這與每個人牙齒表面的型態有關，如附圖 1 顯示，臼齒相較於門牙就比較容易堆積牙菌斑。如果要解決這個問題，未來也許可以將牙菌斑取下進行細菌培養基的培養，以菌落數目來呈現牙菌斑的數量，將更為精準。

### 三、糖類與本研究之相關議題研探

(一)根據過去研究，不同種類的糖對於牙菌斑的形成也不同；令人意外的是，有些糖類是促進牙菌斑形成，有些卻是抑制。另一方面，口腔中唾腺分泌的蛋白質、胺基酸或是胜肽鍊，也會幫忙中和牙菌斑中的酸性，幫助牙齒再礦化(防止鈣質流失)，避免進一步產生蛀牙(文獻八、九)。

(二)從上面的說明，可以了解到唾液的功能其實是兩面的，雖然它的存在可能會造成細菌較容易黏著，但它的成分卻能防止蛀牙，說明了在討論相關主題時需要考量唾液存在的因素，這也是我們的研究並沒有使用假牙或是模擬牙齒、模型來進行的原因。

(三)擇要來說，均衡飲食與口腔健康和口中微生物平衡有很大的相關；我們的研究因為取得方便、使用頻率高，因此只選擇白砂糖來探討其含量對於牙菌斑生成的影響。事實上還有許多其他的糖類，如：蔗糖、果糖等等也是未來研究可以探討的方向。

(四)此外，血糖的上升也會促進蛀牙。在一位牙醫師的研究中顯示容易蛀牙的體質與血糖急速上升之間有極大的關聯，雖然目前還沒有太多的研究證明這個觀察，經過文獻的蒐尋確實有研究討論到糖尿病與蛀牙有正相關性，原因可能是唾液產生量、唾

液成分和口腔內細菌種類有關(文獻十、十一)。站在健康的觀點，長期食用高糖的甜點或飲食，造成血糖升高，也會併發心血管疾病、糖尿病等，所以除了本研究探討的糖含量與蛀牙關係外，許多的結果都告訴我們有效的控制血糖，不只有牙齒保健，對身體的健康是很有幫助的(文獻十二)。

#### 四、牙菌斑清除的子議題

除了以往我們知道對於口腔衛生及健康的重要與其他相關疾病的合併外，牙菌斑議題和這兩年大流行的新冠肺炎病毒(COVID-19)感染也有關係。根據研究文獻，在遭受新冠肺炎感染而住院的病人，口腔的清潔衛生還有牙菌斑的清除，可以有效減少口腔中細菌的數量與負載，推測這樣可以避免過多的細菌從口腔汙染蔓延到呼吸道甚至肺部，加重肺部因病毒感染造成的嚴重免疫發炎反應而增加死亡率(文獻十三)。

#### 五、清除牙菌斑效果好的潔牙工具探究

(一)實驗結果：在十種牙刷潔牙效果比較上，前三名為 D 牌小細清潔牙刷、D 牌超軟毛牙刷、W 牌極細牙刷(波浪型)。推測牙刷形狀較有變化、貼近牙齒或是較小的，可以深入牙齒細節；或是毛比較軟的、刷了比較不會痛的，都較有機會將牙齒清潔乾淨。

#### (二)反思與討論：

- 1.雖然我們這次挑選了市面上十種牙刷來做研究，探討牙刷的構造與材質對於牙菌斑清除的效果，然而主要並不是要區分哪個品牌牙刷效果較好，哪種品牌牙刷效果較差，其實最重要的還有刷牙的技巧與習慣。
- 2.縱使這次研究將清潔牙菌斑的動作規定在牙齒前後面都刷 20 下，但仍會存在偏差，比如有人刷的力道較大、有人較小，還有刷動頻率也可能會對結果有所影響，這些都是造成實驗誤差的因素。如果要釐清造成誤差的原因，可能需要更多次的重複實驗、更長期的追蹤，或是要求操作人員在不知道拿什麼品牌或特性的牙刷的情境下實驗。
- 3.根據這次研究，無論那一種牙刷都可以減少牙菌斑；所以為了維持良好的口腔衛生，仍需搭配刷牙技巧以及潔牙習慣養成。另外，刷牙的時機也很重要，本研究並沒有探討吃完甜食後多久刷牙對牙菌斑形成的影響，我們覺得如果吃完甜食馬上就刷牙，因為糖分還沒有固著在牙齒上，細菌也還沒有滋生，對於清潔效果應該會是最好的。

4. 在研究中，我們主要討論了牙刷特性對於牙菌斑清除的效果，其實只針對了物理性清除來進行實驗。日常生活中除了物理性的清除牙菌斑外，還需要搭配化學性的清除方式，比如牙膏或漱口水，這些搭配可以有效將牙齒表面的生物膜還有細菌叢祛除。
5. 細菌藉由許多方式吸附在牙齒表面，除了食物與糖類黏著形成的生物膜外，細菌表面的蛋白質、糖類還有酵素，都會和牙齒或唾液中的蛋白質、醣類進行連結，所以許多科學家也研究了各種方法想要有效的祛除，例如有研究比較電動牙刷、超音波牙刷、手動牙刷對牙菌斑清除的效果，結果意外發現超音波牙刷與電動牙刷對於牙菌斑的清潔效果差不多，但二者都比手動刷牙清潔的效果好(文獻十四)，這可能暗示除了牙刷特性外，刷牙的動作穩定與刷動頻率會影響對牙菌斑的清除，是不是可以將本研究設計出的新型牙刷設計成搭配電動作動的刷頭，也許效果會更好。

## 六、創新牙刷醫材開發

對於科展成果，我們除了已經瞭解牙菌斑生成、口腔衛生與食物特性、糖分含量、潔牙工具特性的相關性，最難能可貴是在研究成果未來的應用性，這也是近年轉譯醫學(Translational Medicine)的重要精神。經過我們的創造，不僅開發出相較原型對牙菌斑清除效果更佳的牙刷，而且還找到了牙刷特性與牙菌斑清除程度間的相關性。而且根據分析結果，對牙菌斑清除效果影響，首在刷毛柔軟(係數+1.83)，次為刷毛波浪形狀(係數+0.82)，而接觸面越小反而削弱清除牙菌斑的效果(係數-1.06)，如果和目的三綜合討論，我們認為對孩童而言，刷頭小仍較有利深入細小縫隙進行清潔，不過如果刷毛緻密，增加接觸面積則對牙菌斑清潔更為助益，這在過去並沒有相關研究發表，我們覺得這是一個非常重要且具建設性的成果，能夠提供未來開發兒童專用牙菌斑清潔高效牙刷依序須考量的要素。

事實上，市售牙刷有很多針對刷頭與刷毛進行功能上或構型上的改造與設計，例如近年日本開發的 Kiss You 牙刷，就有分極細款、山形款、平面款等刷頭，標榜利用副離子微弱電流清除齒垢，證明了牙刷在設計與使用上得要個人化；我們將潔牙工具特性進行量化，未來如果可以探討不同使用者間的合適程度，進一步再加上不同功能的整合，必然能對牙齒保健更有助益。

## 陸、結 論

本次研究我們主要探討的方向有三：一是討論甜食的特性與牙菌斑生成程度的影響；再者探究甜食糖含量對牙菌斑生成多寡的作用；第三檢驗具備什麼特性的牙刷對於牙菌斑的清除效果最好。經由探究與實驗操作，我們得致四項結論如下：

- 一、具較黏稠特性的食物，食用後可能比較容易殘留在牙齒上，若加上細菌的生長作用，牙菌斑的形成及累積狀況就會比較嚴重。
- 二、糖的含量會影響並促進牙菌斑的形成，可能是因含糖環境提供細菌生長，所以會有比較嚴重的牙菌斑。
- 三、刷毛柔軟程度、刷毛緻密增加接觸面積、波浪形狀程度等三項牙刷特性對於清除牙菌斑效率有重要的影響。可能是因為這樣的牙刷比較貼近牙齒，可深入細小的地方，而且毛軟的話刷起來比較不會痛，我們比較願意多刷幾次。
- 四、依量化牙刷牙菌斑清除效果，在三個特性中刷毛柔軟程度是最重要的，緊接是波浪狀造形。這項結論提示我們：未來進行創新兒童牙刷開發時，需著重考量刷毛材質是否柔軟，讓使用者在刷牙過程感到舒適，深入清潔齒間齒縫；並妥善利用波浪形狀刷毛，貼合牙齒進行清潔。

此次研究的過程，讓我們體會到研究假設需依賴嚴謹的實驗及分析來加以證明或推翻。綜言之，我們藉由研究探討牙菌斑生成及清除的一些重要影響因素，也了解甜食確實會造成牙菌斑的生成，若能減少攝取對牙齒保健將有正向幫助；如果無法抵抗甜食，也要挑選合宜的牙刷，以正確且適當的清潔習慣維護口腔衛生，才能有效減少蛀牙發生。本研究結果能幫助我們更加留意養成良好的日常飲食與潔牙習慣，同時可呼應國民健康署正在推動的兒童牙齒保健政策，作為健康教育教材；還可以推廣給社會大眾，推動及落實國民口腔衛生教育與政策。最重要的，是我們的研究成果具備開發未來新型兒童專用牙刷的潛力；能在市面普遍缺乏以孩童為本位設計牙刷的當下，根據我們研究所發現能促進牙菌斑清除的三項重要牙刷特性為基礎概念，進一步融入新型兒童專用清潔牙刷的設計、研發與製造。

## 柒、參考文獻資料

- 一、季麟揚、林伯彥、黃耀慧等人 (2019)。口腔衛生保健。台北。華杏出版社。
- 二、論壇健康促進與疾病預防委員會(2005)。牙周病與系統性疾病。竹南。國家衛生研究院。
- 三、長尾周格(2014)。蛀牙是牙醫造成的：良醫告訴你牙齒健康的秘密。台北市。如何出版社。
- 四、詹敏賢 (2007)。台灣南部6-18歲兒童青少年齲齒狀況及相關因素之探討。高雄市。高雄醫學大學，2007 碩士論文。
- 五、黃曉靈 (2016)。教育部國民及學前教育署 校園口腔保健資訊網。取自：  
<https://ohpc.kmu.edu.tw/index.php/國小學童>
- 六、小峰一雄 (2021)。蛀牙竟與血糖有關！這些食物降糖、防蛀牙。取自：  
<https://www.epochtimes.com/gb/21/7/6/n13071217.htm>
- 七、衛生福利部國民健康署(2015)。皓齒行動，預防兒童 蛀牙，越早越好。取自：<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=1132&pid=2399&sid=2487>
- 八、Dhir S., (2013)。Biofilm and dental implant: The microbial link. *Journal of Indian Society of Periodontology, 2013. 17*: p. 5-11.
- 九、Stookey G.K., et al., (2008)。The effect of saliva on dental caries. *J Am Dent Assoc, 2008. 139 Suppl*: p. 11s-17s.
- 十、Ferizi L. et al., (2018)。The Influence of Type 1 Diabetes Mellitus on Dental Caries and Salivary Composition. *International journal of dentistry. 2018*: p. 5780916-5780916.
- 十一、Latti B.R., et al., (2018)。Evaluation of relationship between dental caries, diabetes mellitus and oral microbiota in diabetics. *Journal of oral and maxillofacial pathology : JOMFP 2018. 22(2)*: p. 282.
- 十二、Benahmed AG., et al., (2021)。The role of sugar-rich diet and salivary proteins in dental plaque formation and oral health. *J Oral Sci. 63*: 134-141.
- 十三、Al-Bayaty FH., et al. (2021)。Impact of dental plaque control on the survival of ventilated patients severely affected by COVID-19 infection: An overview. *Dental and Medical Problems. 58* (3):385.
- 十四、Digel I., et. al. (2020)。Dental plaque removal by ultrasonic toothbrushes. *Dentistry J. 8*: 28.

## 【評語】 082914

本作品所探討的題材符合生活應用的範疇，主要討不同甜食和糖對牙菌斑生成的影響，實驗中以實際牙齒實驗取代假牙，具真實性，雖然是一個很難量化的實驗,但設計實驗還算周全。但個體間差異、刷牙力道差異、牙菌斑生成時間都會影響實驗結果，且拍照需注意人臉的拍攝比例要固定，同一個實驗必須同一人的牙齒，才能固定實驗變因，探討的結果才有價值。建議可以更標精準化實驗流程與方法讓實驗結果更符合現實狀況。



## 作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

National Primary&High School Science Fair In New Taipei City

全國科展在新北

新 知 所 向 由 你 掌 舵

# 潔淨更開懷-探究甜食性質和 創新牙刷特性對牙菌斑的影響

組別：國小組

科別：生活與應用科學科（二）

編號：082914

# 背景與動機

- 一. 台灣國小學童蛀牙比例逐年上升，每位孩童平均蛀牙**3-4**顆，高於全球其他國家。  
來源：教育部、世界衛生組織
- 二. 牙齒和很多重要生理功能有關，其健康也與許多疾病的發生風險有**正相關性**。
- 三. 蛀牙形成的原因很多，除個人體質外、**飲食的種類**、**清潔的工具**、刷牙的習慣等等都會影響。
- 四. 蛀牙並不是一夕之間形成，牙齒上殘留的食物造成細菌滋生、食物中的糖分累積產生**生物膜**形成牙菌斑，進而隔絕細菌與空氣的接觸、細菌開始進行無氧糖酵解、產生乳酸等酸性物質腐蝕、破壞牙齒結構。
- 五. 由此可知，**牙菌斑**是蛀牙形成前的徵兆，了解促使**牙菌斑形成因素**與運用能**有效清除牙菌斑的牙刷**可以達到潔牙效果、避免蛀牙。

## 文獻探究

蒐尋自2003-2022年中小學科學展覽會作品、國內外學術論文(PubMed)、研究報告、學位論文、媒體報導，尚未有針對**甜食、糖分、牙刷特性對牙菌斑影響**的全面性研究文獻，更無**應用性轉譯開發**之結果。

牙齒結構圖



來源：德威國際牙醫醫院

# 研究問題

- 一. 不同**甜食性質**(黏稠與否、固液體、軟硬度)對牙菌斑生成的影響如何？
- 二. **糖含量多寡**對牙菌斑生成是否有影響？其相關性如何？
- 三. 市售牙刷多樣，**牙刷特性**與清除牙菌斑效果之相關如何？
- 四. 針對**專屬兒童**清除牙菌斑設計之牙刷仍不多見，**客製化牙刷**應具備哪些特性？

# 實驗設計

## 目的 一

**探討不同甜食對牙菌斑生成的影響**

依特性，選定五種甜食進行牙菌斑生成評估。

**選定產生最多牙菌斑的一種**

## 目的 二

**探討甜食中糖的含量對牙菌斑生成影響**

評估不同糖含量的食物，對於牙菌斑生成影響。

**選定造成牙菌斑最多的食物組合**

## 目的 三

**評估不同牙刷特性對牙菌斑清除的效果**

以甜食產生之牙菌斑作為基礎，評估分析市售牙刷清潔能力與特性關係。

**分析主要特性，做為牙刷改造創新基礎**

## 目的 四

**設計研發清除牙菌斑效果好的牙刷**

根據有效清除牙菌斑之特性，改造既有牙刷，並評估效果，創新牙刷醫材。

# 實驗材料與分析方法

## 一. 牙菌斑檢測



滴六滴牙菌斑指示劑於棉花棒上  
均勻塗抹於上排牙齒兩顆門牙上

靜待三十秒

以一口水將多餘的指示劑清洗掉

照相

重複下一次實驗

刷牙清除所有指示劑

重複三次實驗！

## 二. 牙菌斑分析



原始照片



加強對比



轉換灰階



辨識牙菌斑訊號

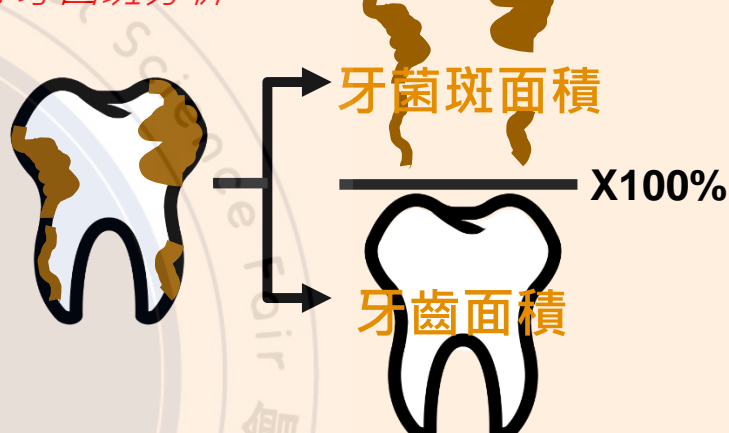


圈選要分析的牙齒



計算牙菌斑面積比例

## 三. 牙菌斑分析

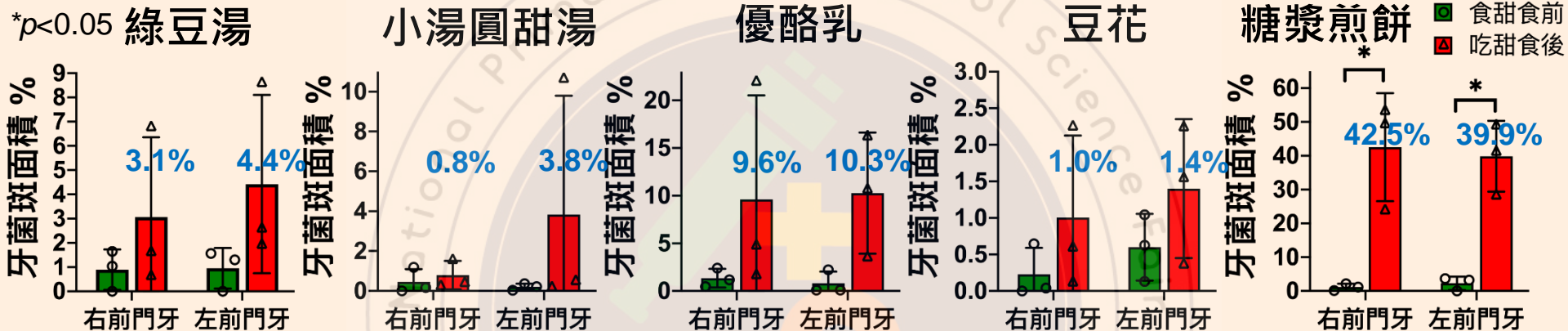


## 四. 結果呈現

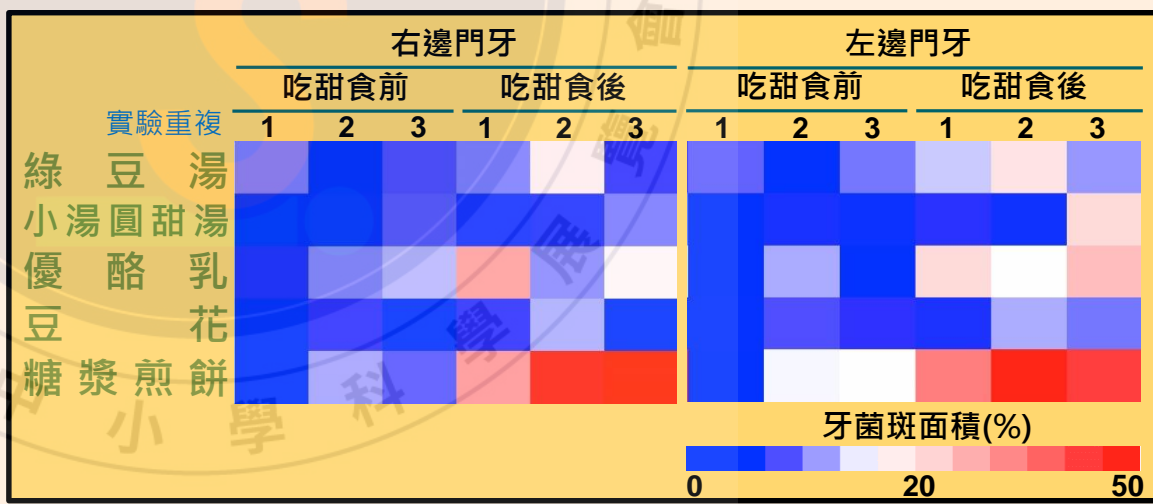
實驗組：飲食後牙菌斑量(%) v.s. 對照組：飲食前牙菌斑量(%)

實驗組：刷牙後牙菌斑量(%)  
刷牙完牙菌斑相對減少量 =  $\frac{\text{刷牙後牙菌斑量}(\%) - \text{對照組：刷牙前牙菌斑量}(\%)}{\text{對照組：刷牙前牙菌斑量}(\%)} \times 100\%$

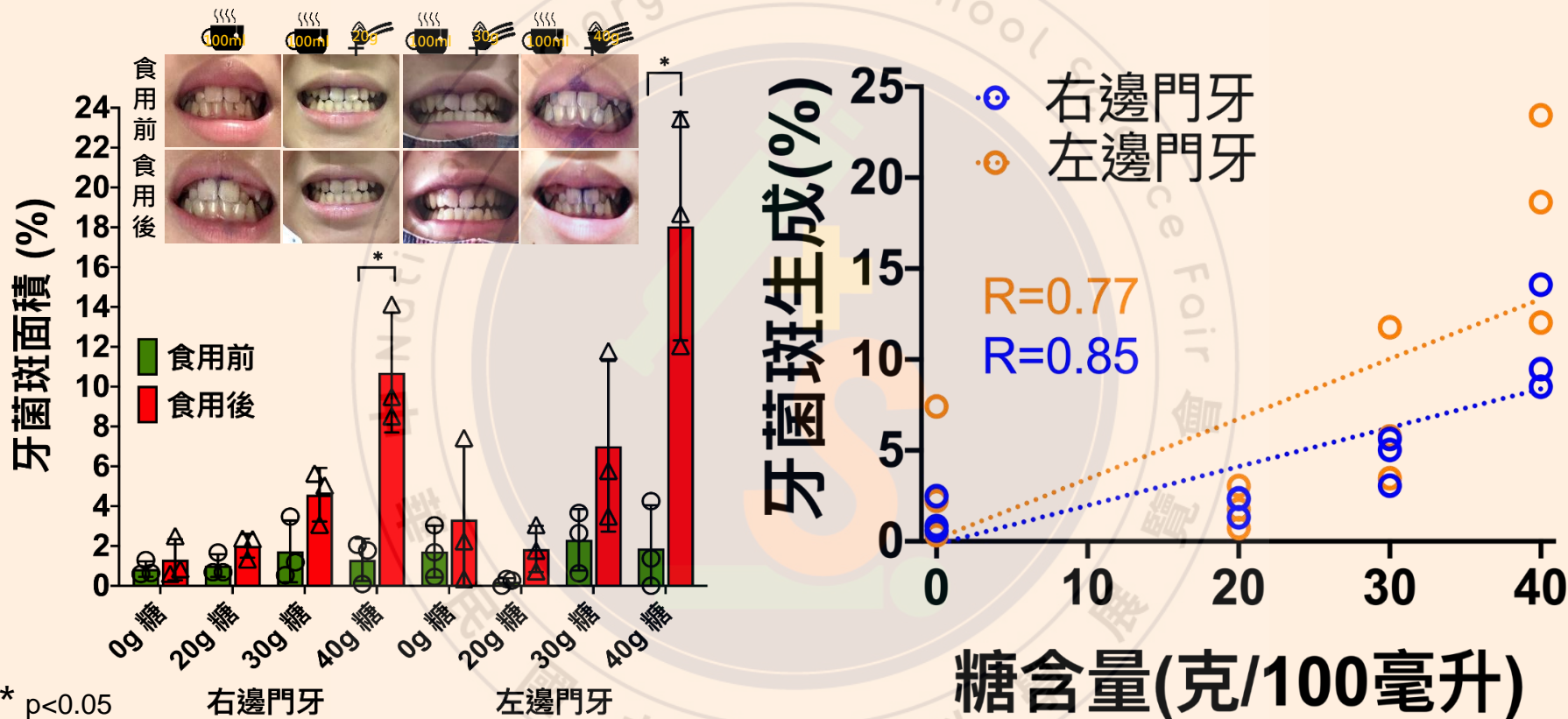
# 研究結果-不同甜食對牙菌斑生成的影響



**荷蘭傳統糖漿煎餅食用完  
所產生的牙菌斑最多**



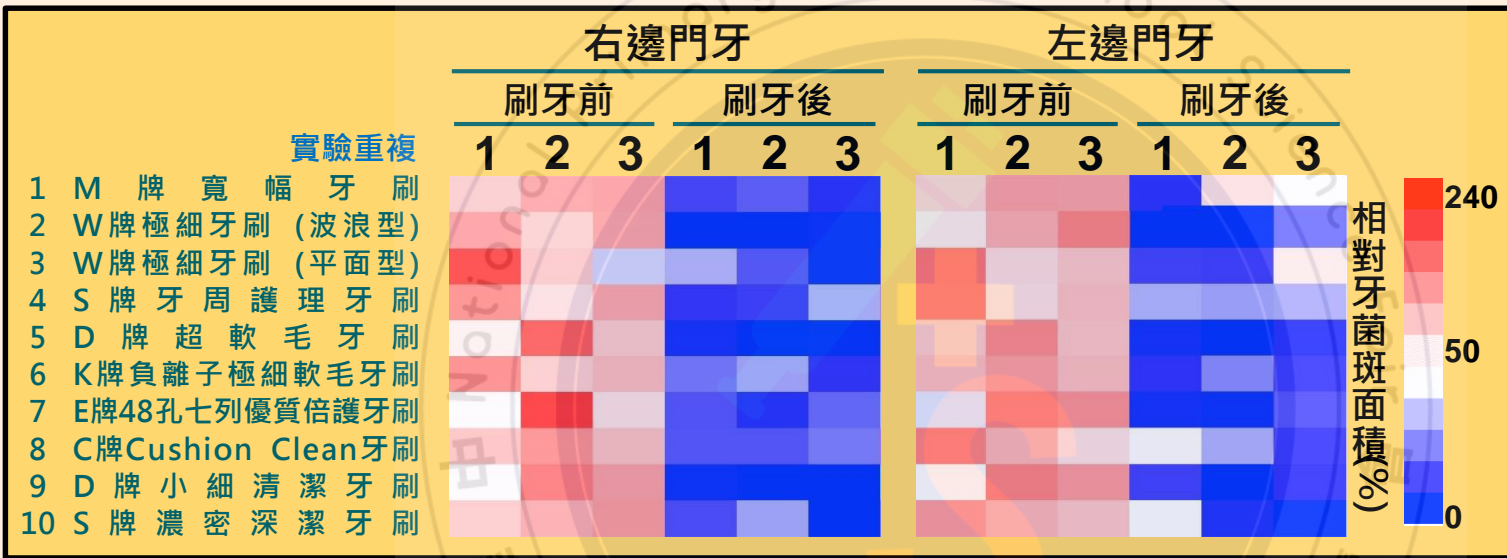
# 研究結果-糖含量對於牙菌斑生成的影響



\*  $p < 0.05$

**含糖量越多，產生牙菌斑也越多，而且呈現高度正相關性**

# 研究結果-評估牙刷特性對牙菌斑影響

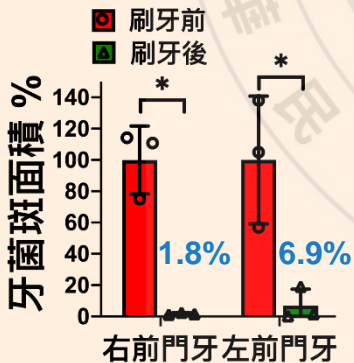


✓ 刷頭小

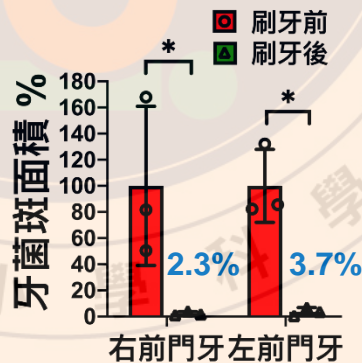
✓ 刷毛軟

✓ 波浪型

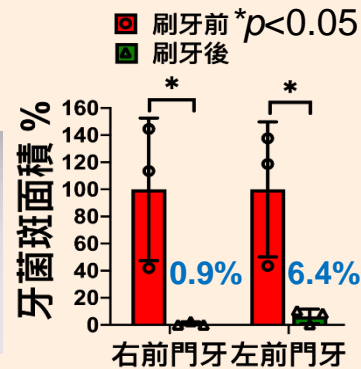
2. W牌極細牙刷(波浪型)



5. D牌超軟毛牙刷



9. D牌小細清潔牙刷



\*p<0.05



# 研究結果延伸應用



選定特性



進行改造



評定特性



實驗測試

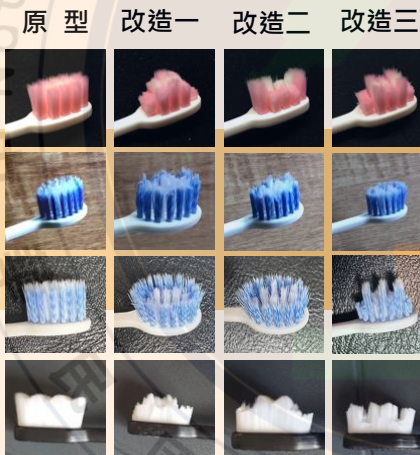


分析結果



刷毛柔軟

M牌



柔軟程度

1硬→5軟

接觸面積

1大→5小

波浪程度

1平→5波



牙菌斑  
清除測試

↓ %

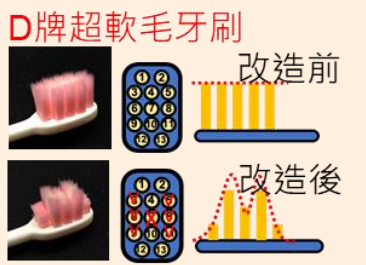
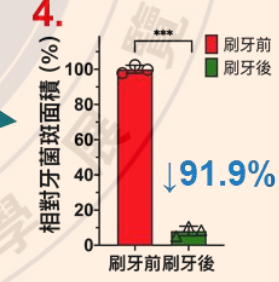
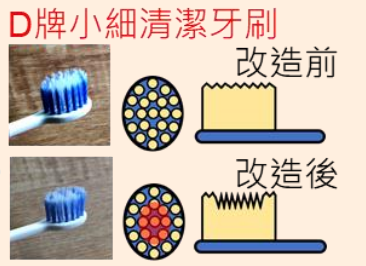
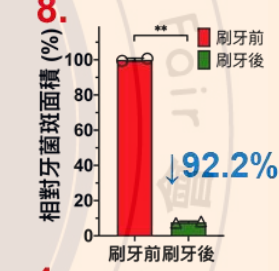
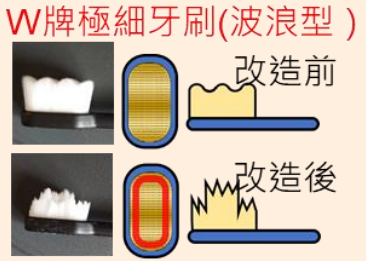
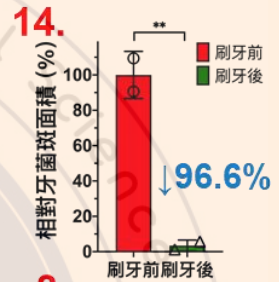
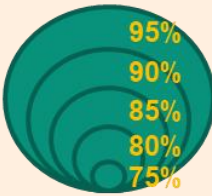
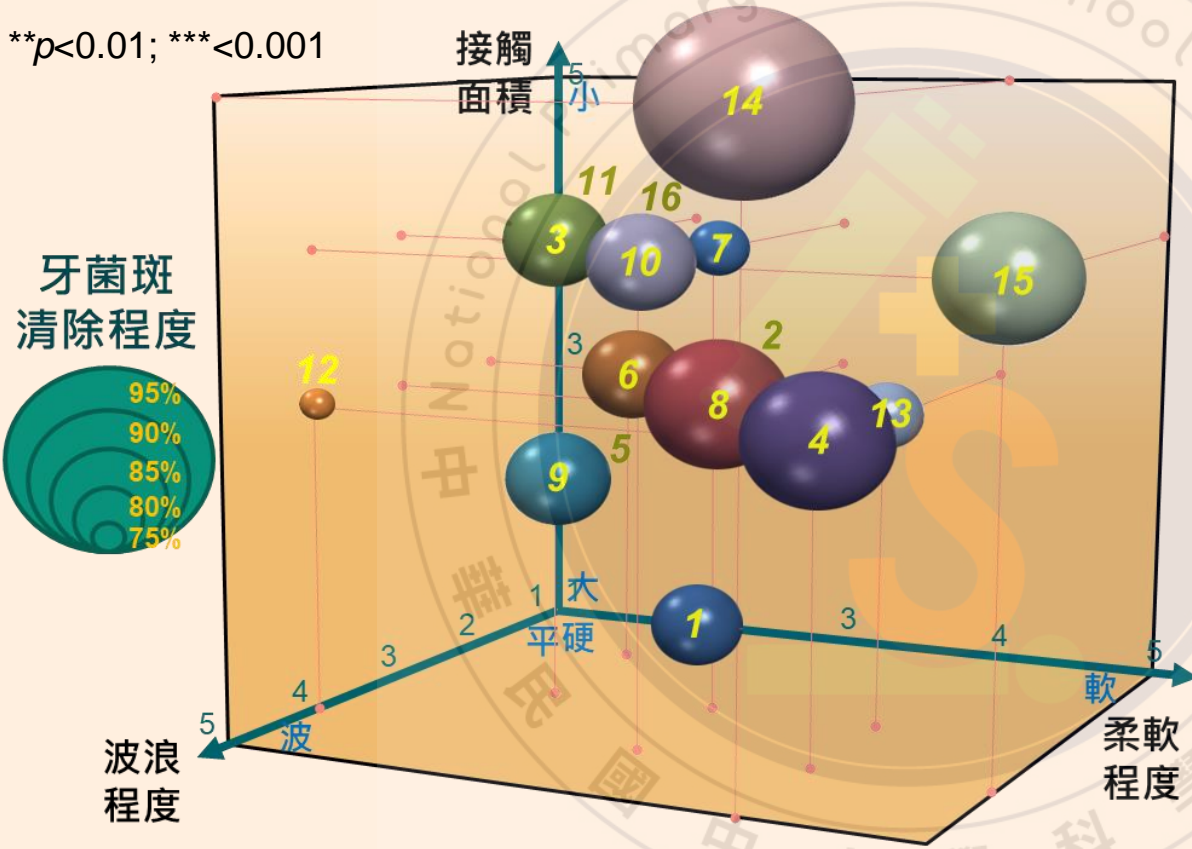


特性加權  
分析

結果可做為將來新型兒童專用牙刷創新試驗、開發的考量基礎

# 結果延伸應用分析

\*\*p<0.01; \*\*\*<0.001

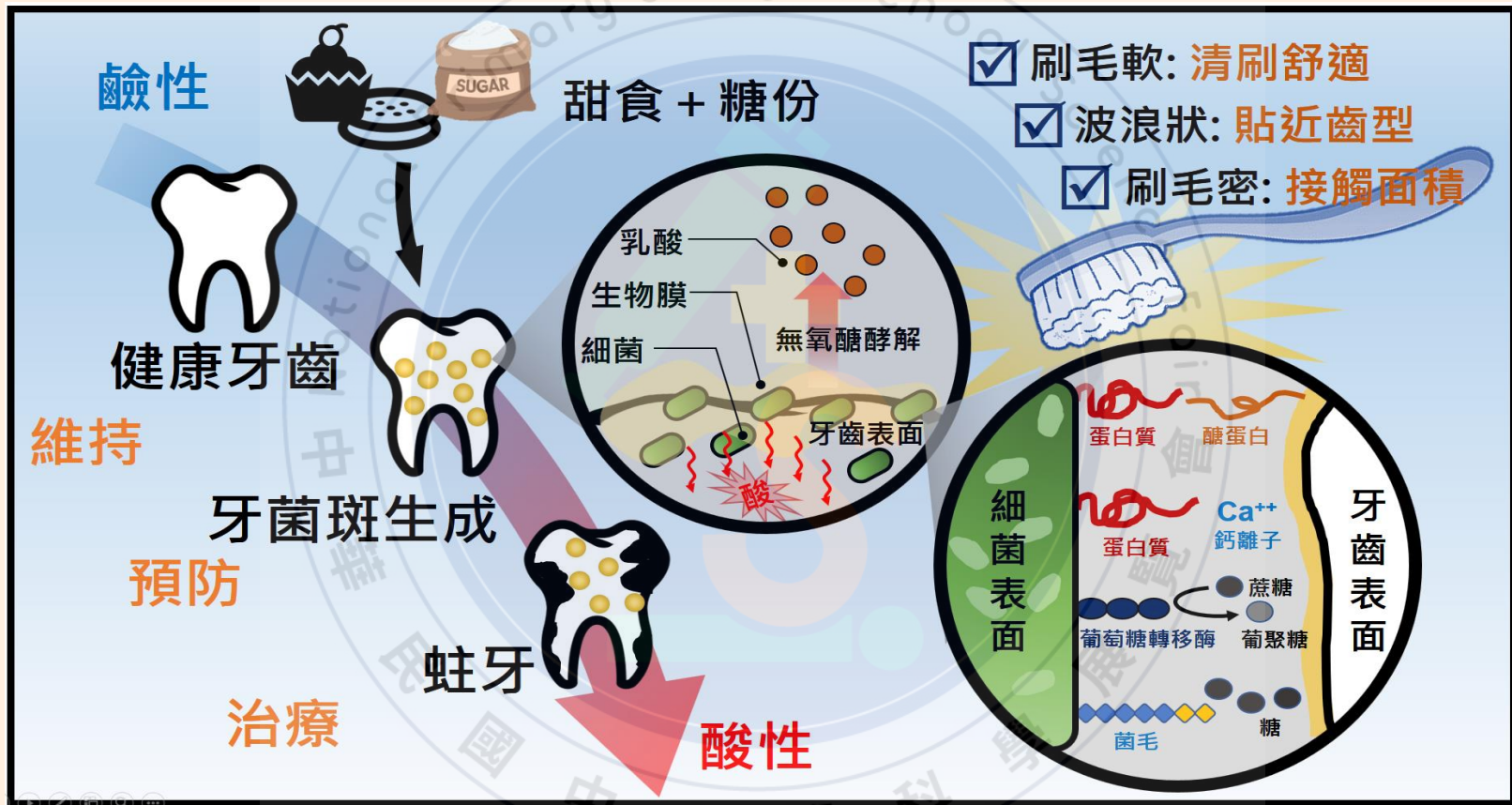


牙菌斑清除程度(%) =  $1.83 \times \text{柔軟程度} - 1.1 \times \text{接觸面積} + 0.8 \times \text{波浪程度} + 83.3$

# 研究結果解釋與討論

- 一. **黏稠(sticky)**的甜食，比較容易殘留牙齒表面，滋生細菌、產生牙菌斑。
- 二. **高濃度糖產生生物膜越多**，牙菌斑越多，也將影響身體健康。  
Ferizi., et. al. 2018; Latti B.R., et. al. 2018; Benahmed AG., 2021
- 三. **不同糖類**對牙菌斑影響不同，有些促進形成，有些卻能抑制。**唾液內含成分**也會影響牙菌斑，日後可以做為延續性研究主題。  
Dhir S., et. al. 2013; Stookey G.K., et. al. 2008
- 四. 本研究牙菌斑數量起伏較大，可能因**檢測技術差異**、**起始牙菌斑少**、**量測時程較短**造成，未來可從技巧改進或增加次數以消弭誤差。
- 五. ImageJ軟體進行牙菌斑量化僅以**面積**進行評估，未考量其堆積**厚度與體積**，如輔以培養基培養後，計數**菌落數**將更具證據力。
- 六. 刷毛軟、波浪大、接觸面積大的牙刷推測**刷感舒服**、**貼合齒形**、**深入細節**、**廣泛接觸**以致清潔效果好。
- 七. 以兒童使用觀點，刷頭小仍較有利**深入口腔縫隙**進行清潔，但增加**刷毛緻密**，**提高接觸面積**對牙菌斑清潔更有助益，將是未來客製化重點。
- 八. 先前研究指出，電動牙刷較手動牙刷清潔效果好，可以期待將本研究設計的刷頭**搭配電動刷柄**使用，會有最佳且穩定的潔牙功效。  
Digel I., et. al. 2020

# 研究圖形摘要



本研究可提供口腔健康教育教材以及牙刷醫材開發指引

# 研究結論

- 一. 食物質地對牙菌斑會有影響，尤其黏稠的甜食。
- 二. 糖含量增加，促進生物膜形成，如不適時清除，終致蛀牙。
- 三. 牙刷特性對牙菌斑清除效果有顯著影響，個人應選用適合的牙刷進行口腔保健。
- 四. 藉科學實驗與邏輯分析，量化牙刷特性，並依其結果創新牙刷，無論對於基礎知識教育或貫徹應用實務都是重大的突破。

# 參考資料

- 一. 季麟揚、林伯彥、黃耀慧等人 (2019)。 *口腔衛生保健*。台北。華杏出版社。
- 二. 論壇健康促進與疾病預防委員會(2005)。 *牙周病與系統性疾病*。竹南。國家衛生研究院。
- 三. Stookey G.K., et al., (2008)。 The effect of saliva on dental caries. *J Am Dent Assoc*, 2008. 139 Suppl. p. 11s-17s.
- 四. Ferizi L. et al., (2018)。 The Influence of Type 1 Diabetes Mellitus on Dental Caries and Salivary Composition. *Int. J of Dentistry*. 2018: p. 5780916
- 五. Latti B.R., et al., (2018)。 Evaluation of relationship between dental caries, diabetes mellitus and oral microbiota in diabetics. *JOMFP* 2018. 22(2): p. 282.
- 六. Benahmed AG., et al., (2021)。 The role of sugar-rich diet and salivary proteins in dental plaque formation and oral health. *J Oral Sci*. 63: 134-141.

謝謝聆聽，敬請指導