

中山醫學大學牙醫學系 口腔胚胎與組織學講義



(本講義僅供學術交流用途，講義中所有圖片版權皆屬原出版社與原作者所有，禁止使用於任何商業行為。)

Year	2021
Topic	Enamel
Owner	

中山醫學大學牙醫學系 級

目次

1. Overview of enamel	03
2. 前言	04
3. 牙齒結構概述	05
4. 硬組織玻片處理方式	05
5. 牙釉質 (Enamel)	07
6. 牙釉質形成 (Amelogenesis).....	09
7. 牙釉質蛋白 (Enamel proteins)	17
8. 牙釉質的組成及特色	18
9. 牙釉質的結構 (Structure of enamel).....	20
10. 牙本質牙釉質交界處	31
11. 牙釉梭 (Enamel spindles)	32
12. Clinical considerations of enamel structure	33
13. 牙釉質表面 (Enamel surface).....	34
14. 氟化作用 (Fluoridation).....	35
15. 酸蝕 (Acid etching).....	37
16. Clinical considerations about enamel pathology	39
17. 學習評量	41
18. 參考資料簡介	42
19. Crossword.....	44
20. Word Search	45
21. 氟化物與衛教單張	46

相關學科

1. 牙體形態學 (牙冠形態等)	(牙二) 19
2. 牙科公衛學 (飲水加氟、食鹽加氟與氟化物產品等) ...	(牙二) 35, 36, 46
3. 口腔病理學 (牙齒發育異常、牙齒的物理與化學傷害、齲齒、齒源性囊腫與腫瘤的組織病理學特徵等)	(牙三)
4. 牙科藥理學 (引起牙齒顏色異常的藥物等)	(牙三)
5. 牙體復形學 (窩洞修形、樹脂復形前酸蝕等)	(牙三) 19, 37, 38
6. 牙科放射線學 (牙齒正常、異常結構與牙齒相關病變的影像等) (牙四)	
7. 兒童牙科學 (牙齒的發育階段、乳牙窩溝封填、樹脂復形酸蝕等)	(牙五) 37, 38
8. 齒顎矯正學 (矯正器黏著前酸蝕等)	(牙五) 37, 38
9. 老人牙醫學 (牙釉質的增齡變化)	(牙五) 34

Overview of enamel

(Chiego DJ. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach. 2014, Chapter 7, p92.)

Enamel, the hard protective substance that covers the crown of the tooth, is the hardest biologic tissue in the body. It consequently is able to resist fractures during the stress of mastication. Enamel provides shape and contour to the crowns of teeth and covers the part of the tooth that is exposed to the oral environment.

Enamel is composed of interlocking rods that resist masticatory forces. Enamel rods are deposited in a keyhole shape by the formative ameloblastic cells. Groups of ameloblasts migrate peripherally from the dentinoenamel junction as they form these rods. Ameloblasts take variable paths, which produces a bending of the rods. These cells maintain a relationship as they travel in different directions and produce adjacent rods. The enamel rod configuration viewed in incidental light appears as light and dark bands of rod groups termed **Hunter-Schreger bands**. Because these rods bend in an exaggerated, twisted manner at the cusp tips, they are called **gnarled enamel**.

All enamel rods are deposited at a daily appositional rate or increment of 4 μm . Such increments are noticeable, like rings in a cross section of a tree, and appear as dark lines known as **striae of Retzius** or **lines of Retzius**. The growth lines become apparent on the surface of enamel as ridges, known as **perikymata**. Two structures are noticeable at the dentinoenamel junction: **spindles**, the termination of the dentinal tubules in enamel, and **tufts**, hypocalcified zones caused by the bending of adjacent groups of rods.

Because enamel is composed of bending rods, which in turn are composed of crystals, minute spaces or gaps exist where crystals did not form between rods. This feature causes enamel to be variable in its density and hardness. Therefore, some areas of enamel may be more prone to penetration by small particles. This characteristic leads to tooth destruction by dental caries. After enamel is completely formed, no more enamel can be deposited.

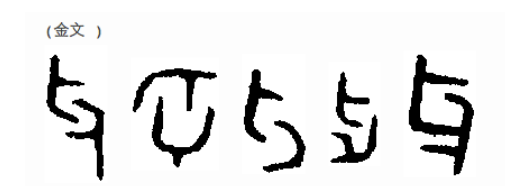
● 前言

本章與接下來的幾章，將會介紹牙齒本體及其周圍相關的結構。在進入主題之前，先瞭解中文字中的「牙」與「齒」兩個字。



上圖左為甲骨文中的「齒」，右圖則是金文中的「齒」：

1. 《說文解字》：齒，口斷（斷）骨也。象口齒之形，止聲。凡齒之屬皆從齒。
2. 「齒」字本來也跟「牙」字一樣是個象形字，後來加上一個「止」字作聲符，就變成形聲字了。但是底下的部份仍舊保存著一點原來的形象。（《字源》。約齋著、董作賓校。藝文印書館。頁二一。2005年5月初版。）
3. 這是「唇齒相依」的「齒」字，是個象形字。甲骨文像人張開了一個大「口」，上下各露出了兩顆牙齒，可見門牙才能為「齒」。金文反而變得複雜了，其上又增加了「止」字，這就由原來的象形字變成了下形上聲的形聲字了。……「齒」的本義就是「門牙」。（《細說漢字：1000個漢字的起源與演變》。左民安著。聯經出版社。頁617。2007年12月初版。）
4. 甲骨文的「齒」非常形象，張開的大口中露著上下兩排牙齒，讓人一看就能明白它所表示的意義。金文以後的「齒」，在甲骨文的基礎上加了個表示腳的「止」，用以強調牙齒咀嚼食物時的運動狀態並兼而表音，「齒」變成了會意兼形聲字。「齒」的本義指口腔正面的門齒，泛指牙齒，如：咬牙切齒、張牙露齒、唇齒相依。（《字海探源》。金侖、林霖編著。語文出版社。頁85。簡體書。2013年1月第1版。）



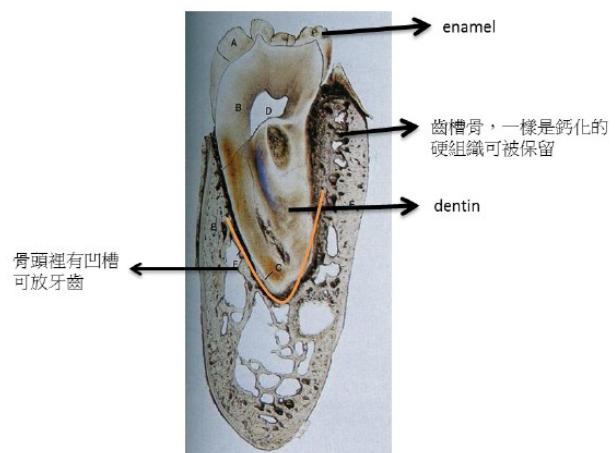
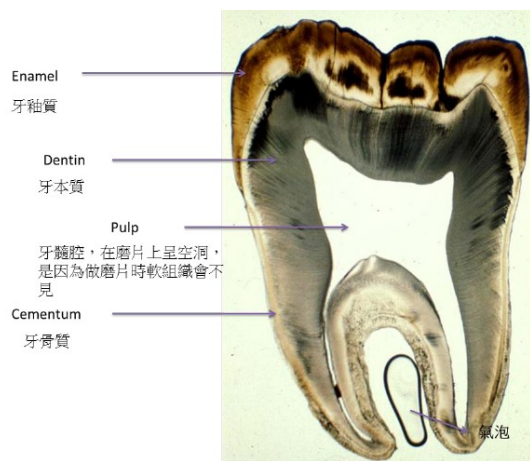
上圖為甲骨文中的「牙」：

1. 《說文解字》：牙，牡齒也。象上下相錯之形。凡牙之屬皆從牙。
2. 「牙」字本來是個上下交錯的形象，橫看。後來下部成了那一勾一撇，就一點意思都看不出來了。倒是現在的「與」字裡邊那一個「与」字，還保存著一點原形。（《字源》。約齋著、董作賓校。藝文印書館。頁九。2005年5月初版。）

3. 這是「拾人牙慧」的「牙」字，本為象形字。金文就像上下槽牙互相交錯的樣子。《說文》：「牙，牡齒也。」「牡」有「壯」、「大」義，所以「牙」的本義就是「大齒」，指「槽牙」。（《細說漢字：1000 個漢字的起源與演變》。左民安著。聯經出版社。頁 402。2007 年 12 月初版。）
4. 「牙」的金文是象形字，像上下咬合的兩個臼齒。（《字海探源》。金侖、林霖編著。語文出版社。頁 85。簡體書。2013 年 1 月第 1 版。）

● 牙齒結構概述：（如下左圖所示）

1. 牙齒有三種硬組織，分別為 **enamel**、**dentin**、**cementum**。
2. 牙釉質 (**enamel**) 俗稱琺瑯質，包覆牙齒最外圍，為人體全身硬組織中礦化程度最高，也是人體內唯一無細胞性、由上皮細胞分泌繼而礦化的組織。（問題：請比較人體硬組織：骨、牙釉質、牙本質、牙骨質的礦化程度。）
3. 牙本質 (**dentin**) 俗稱象牙質，構成牙齒的主體，具有管狀結構。（請注意牙本質的管狀結構在臨床上的重要性，在牙本質這一章會學到。）
4. 牙骨質 (**cementum**)，包覆牙根最外圍，具有保護牙根牙本質的功能，連接牙本質（內側、硬組織）和牙周韌帶（外側、軟組織）。（需注意牙骨質的生理、物理特性以及所在的位置，在臨床上的重要性。）
5. 做牙齒磨片時，軟組織會喪失，硬組織被保留下來，所以牙髓腔呈空洞。

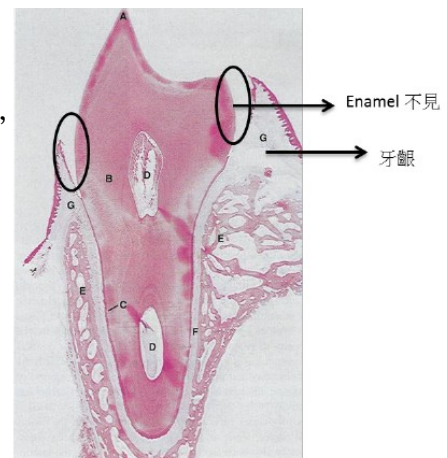


● 硬組織玻片處理方式

1. 磨片 (**ground section**)：保留硬組織，軟組織會喪失。典型的牙齒磨片如右上圖所示（包含齒槽骨）。磨片是用磨刀石將牙齒磨到像一張一般印刷紙的厚度，之後再加工製成玻片，即可觀察。（問題與思考：為什麼要求磨片的厚度為一張一般印刷紙的厚度？一般常規的組織切片厚度是多少？切片厚度太厚對於觀察會造成什麼影響？磨片和常規 H&E 染色製作玻片的過程中，最主要的不同是哪一個步驟？）

高度礦化的牙釉質一定要以磨片觀察，故描述牙釉質結構大部分都是磨片。(問題與思考：為什麼牙釉質的結構一定要從磨片觀察？以常規的 H&E 染色法可觀察到成熟牙釉質的那些構造？)

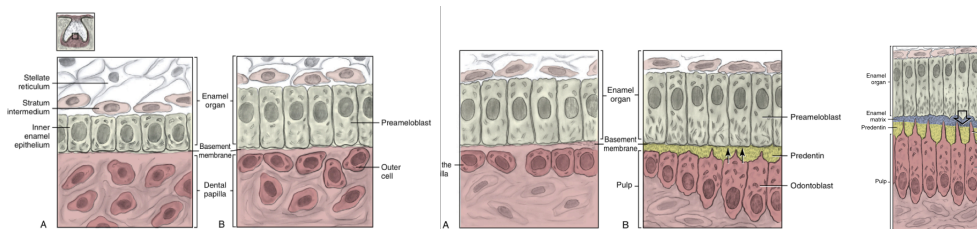
2. 脫鈣（去礦化）切片 (demineralized section)：去除無機物，保留軟組織。
 - (1) 將硬組織脫鈣是製作一般玻片常見的方式。因硬組織太硬，需要脫鈣使之軟化，再將組織包埋在蠟中切片。
 - (2) 切下後的蠟片會採用 H&E 染色方法，將切片染成紫色或粉紅色。(問題：H&E stain 的特點？為什麼大部分的切片都採用 H&E stain？H 代表什麼？E 又代表什麼？製作一張 H&E stain 需要經過那些步驟？)
 - (3) 軟組織及未完全鈣化之硬組織（例如：發育中的 enamel）可被保留。
 - (4) 和磨片不同的地方是，原本是牙釉質的區域會呈現空白，稱為 enamel space，是因為牙釉質屬於高度鈣化的組織(高達 96%)，儘管有 4%未鈣化，但在脫鈣的過程中無法得到穩固的支持，而會隨著鈣化的組織一起流失，所以牙釉質的結構無法用 H&E stain 觀察。
 - (5) 脫鈣切片厚度為 4-5 μm ，太厚則細胞間會重疊而影響觀察。



Enamel (牙釉質)

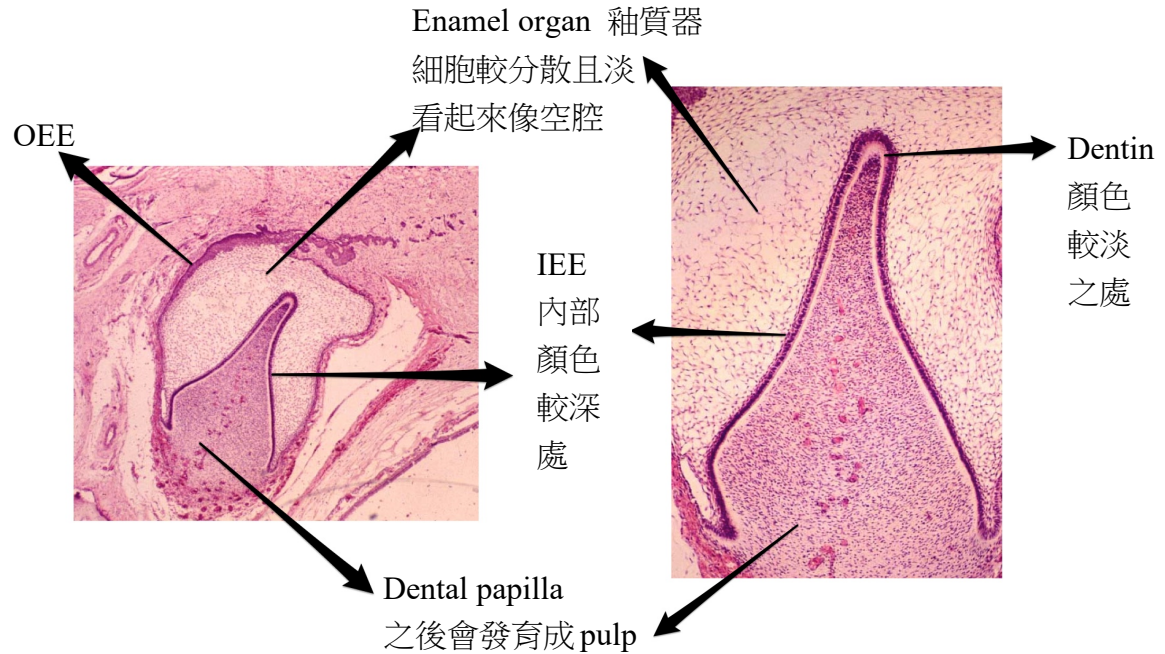
● 形成方式：

1. 牙釉質由外胚層發育而成。(問題：請比較牙齒各部位結構的胚胎來源。)
2. 由牙釉器官 (dental organ = enamel organ) 的牙釉質母細胞 (ameloblast) 所形成。形成的過程是相互誘導 (reciprocal induction) (這裡要注意牙釉質與牙本質形成時間的先後順序)：內釉上皮先分化成 preameloblast，接著 preameloblast 會誘導 dental papilla 最外層的細胞形成 odontoblast，odontoblast 接著產生 predentin，predentin 形成之後再反過來誘導內釉上皮形成 ameloblast，ameloblast 再分泌產生 enamel matrix，再逐漸鈣化形成 enamel。如下圖：(請參考簡報檔大圖)



- (1) 上圖左，從圖 A 到圖 B：Inner enamel epithelium 分化形成 preameloblast (細胞變長、核遠離基底膜)，並吸引 dental papilla 的 outer cell 來到基底膜下方。
 - (2) 上圖中，圖 A：dental papilla 的 outer cell 在基底膜下方排成一列，細胞核再極化形成 odontoblast。圖 B：odontoblast (活化時細胞外觀成長型) 開始分泌 predentin，往 enamel 方向沈積。
 - (3) 上圖右，由於 odontoblast 較 ameloblast 早分化形成，因此 predentin 的分泌量比 enamel matrix 來的多。Enamel matrix 和 enamel 類似，但是未完全鈣化。
3. 釉質器 (enamel organ) 分成兩個部分：
 - (1) 外釉上皮 (outer enamel epithelium)。
 - (2) 內釉上皮 (inner/internal enamel/dental epithelium，簡寫為 IEE)。(請注意這裡的「內釉上皮」有 4 種英文名稱。)

- 外釉上皮和內釉上皮間，有一些星狀的細胞稱為星形網狀層 (stellate reticulum)。(問題：星形網狀層名稱的由來？將來會發育成為牙齒的那個結構？牙胚的各個部位會發育成牙齒的那些結構？)



國考題

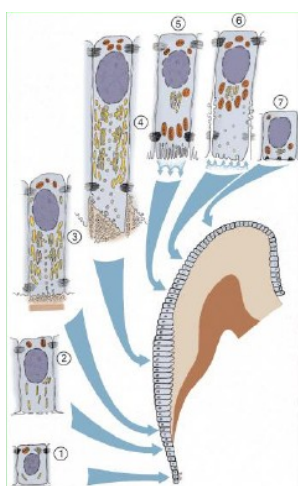
104-2-47.

牙乳頭(dental papilla)中之未分化外胚層間葉組織(undifferentiated ectomesenchyme)中之細胞，分化成造牙本質細胞(odontoblast)，主要受到下列那一種細胞之誘導作用(induction)？

- A. 內牙釉上皮細胞 (inner enamel epithelial cells)
- B. 外牙釉上皮細胞 (outer enamel epithelial cells)
- C. 中間層細胞 (cells of stratum intermedium)
- D. 星形網狀層細胞 (cells of stellate reticulum)

Amelogenesis (enamel formation) ，牙釉質形成

- 發育開始於牙冠期早期：
 1. 牙齒發育階段：bud stage 牙苞期 → cap stage 帽型期 → bell stage 鐘型期 → crown stage 牙冠期。(問題：牙齒發育各階段名稱的由來及其組織學特徵?)
 2. 在牙冠期初期，IEE 進行細胞分裂以增加牙苞 (tooth bud) 的大小，而當牙尖或咬頭 (cusp) 形成後即停止。
 3. 同時 IEE 會從立方狀變成柱狀，而這些細胞的細胞核會逐漸靠近中間層 (stratum intermedium)，而相對地逐漸遠離牙乳頭 (dental papilla)。
- 三個主要的功能時期：
 1. 分泌前期 (presecretory stage)：ameloblast 極性¹改變，合成蛋白相關的細胞質內胞器數量增加，為牙釉質有機基質的分泌做準備。(問題：與蛋白質合成相關的胞器有那些？細胞合成蛋白質需要經過那些步驟?)
 - (1) 型態形成期 (morphogenetic stage)
 - (2) 組織分化期 (histodifferentiation stage)
 2. 分泌期 (secretory stage)：分泌牙釉質基質
 3. 成熟期 (maturation stage)：調節特殊離子以利於基質礦化
 - (1) 轉型期 (transitional phase)
 - (2) 固有成熟期 (maturation proper)
 4. 保護期 (protective stage)



- 牙釉質形成的分期 (比較各時期 ameloblast 的高度、大小、內容物)

1. Morphogenetic stage
2. Histodifferentiation stage
3. Initial secretory stage (無 Tomes' process)
4. Secretory stage (有 Tomes' process)
5. Maturation stage (ruffle-ended)
6. Maturation stage (smooth-ended)
7. Protective stage

¹極性：polarity，此處指細胞的極性，即細胞在形狀、結構、內容物分佈等的不對稱，cell polarity = cell asymmetry。Cell polarity is implicated in differentiation, proliferation and morphogenesis of unicellular and multicellular organisms. "Cell polarity relies on the asymmetric organization of cellular components and structures, and the establishment and maintenance of cell polarity involves many processes including signalling cascades, membrane trafficking events and cytoskeletal dynamics, all of which need to be coordinated in a highly regulated manner. Dysregulation of cell polarity can cause developmental disorders and cancer." (<http://www.nature.com/nrm/focus/polarity/index.html>)

● 型態形成期 (morphogenetic stage)：細胞型態開始改變

1. 細胞呈現立方或矮柱狀。
2. 細胞核大且位於中央。
3. 細胞近端 (proximal) 有發育不全的高基氏體。
4. 粒線體及其他胞器散佈在細胞中。
5. 高基氏體用於蛋白質的運輸，粒線體用於提供能量。



● 組織分化期 (histodifferentiation stage)：

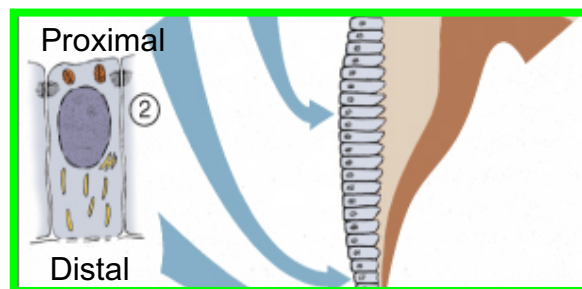
1. 內釉上皮細胞 (IEE) 分化成牙釉質母細胞 (ameloblast)
2. 相互誘導 (reciprocal induction)：內釉上皮先分化成 preameloblast，接著 preameloblast 會誘導 dental papilla 最外層的細胞 (from ectomesenchyme) 形成 odontoblast，odontoblast 接著產生 predentin，predentin 形成之後再反過來誘導內釉上皮形成 ameloblast，ameloblast 再分泌產生 enamel。

3. 細胞的變化：

- (1) 細胞拉長(從立方變成柱狀)。

(問題與思考：為什麼在這個階段細胞會開始拉長?)

- (2) 細胞核靠近細胞近端 (proximal)，此現象稱為 reverse polarity，與一般細胞核位在靠近基底細胞膜 (basement membrane) 不同。(請注意 ameloblast 細胞核位置的變化，這在判讀造釉細胞瘤 (ameloblastoma) 時是一個重要的特徵。)



(3) 高基氏體增大並移動至細胞遠端 (distal)。(問題與思考：為什麼高基氏體是向細胞的遠端而不是近端移動?)

- (4) Enamel 是由內往外堆積 (這一點和牙本質的形成過程相反。)，所以大部分與分泌有關的胞器需要聚集在遠端以向內分泌基質小泡。

(5) 粗糙內質網明顯增加，因為細胞要製造大量的蛋白質。

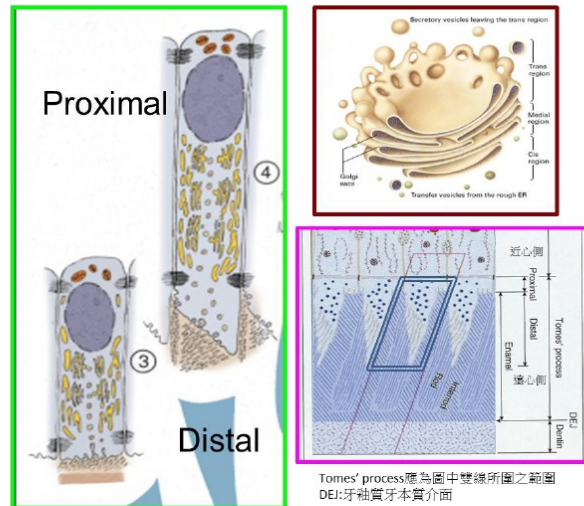
(6) 粒線體聚集在細胞近端。(問題與思考：為什麼粒線體和其它製造蛋白質的相關

胞器聚集在細胞遠端不同，而是聚集在近端？)

- (7) 極化 (polarity)：大部分的胞器聚集在細胞的遠端，粒線體則在近端。這個階段要製造很多蛋白質，所以高基氏體和 rER 變多，所需的能量也要變多，因此粒線體也會變多並聚集在近端。

● 分泌期 (secretory stage)：

1. 數量眾多的高基氏體佔據細胞核下方 (distal) 大部分的位置。
2. Tomes 氏突 (Tomes' process) 開始發育。(Tomes' 要寫正確，注意 s' 的逗號在 s 之後)。
(1) 內含很多分泌顆粒。
(2) 沒有內質網和粒線體。
(3) 最前端靠近 enamel 處將來變成 enamel rod。(請注意 Tomes' process 在其前方及側方部位所形成的 enamel 不同。底下會再提到。)



Tomes' process 應為圖中雙線所圍之範圍
DEJ: 牙釉質牙本質介面

3. 左上圖中，拉長的細胞在遠端有很多高基氏體與分泌顆粒小泡分泌 enamel matrix protein，蛋白質漸漸鈣化形成 enamel matrix (問題：請問 enamel matrix 與成熟的 enamel 有何不同？在 H&E 的組織切片中有什麼差異？為什麼會出現這樣的差異？)，此時會出現 Tomes' process。(問題：在左上圖中的 ameloblast 與兩側的細胞間各出現有兩個 cell junction，它們是屬於那一類的 junction？請敘述它的結構。)
4. 右上圖中，高基氏體在分泌出物質時會用膜包覆形成 secretory granule。
5. 右下圖中，Tomes' process 分近、遠心側，並注意課本所標示的 Tomes' process 的範圍是否正確。

國考題

107-1-49. (原答案A，本題送分)

下列有關造釉細胞湯姆氏突 (Tomes' process) 的敘述，何者正確？

- A. 與造牙本質細胞的湯姆氏纖維 (Tomes' fiber) 相當
B. 垂直於釉柱方向 C. 源自造牙骨質細胞 D. 無分泌顆粒

106-2-49.

下列有關成熟期造釉細胞之敘述，何者錯誤？

- A. 產生基板 B. 進行細胞分裂，補充凋亡 (apoptosis) 細胞
C. 分泌基質裂解酶 D. 仍能進行短時間的基質蛋白分泌

106-1-48.

內牙釉上皮細胞的「極性反轉」(polarity reverse)是指下列何者？

- A. 細胞功能端與基底端互換
- B. 內牙釉上皮細胞與外牙釉上皮細胞互換
- C. 內牙釉上皮細胞分化成造釉細胞
- D. 內牙釉上皮細胞分化成造牙本質細胞

103-2-48.

Tomes' process 最早出現於牙釉質形成 (amelogenesis) 之那一階段？

- A. presecretory stage 中的 morphogenetic phase
- B. presecretory stage 中的 differentiation phase
- C. secretory stage
- D. maturation stage

101-2-53.

有關湯姆氏突 (Tomes' processes) 的敘述，下列何者正確？

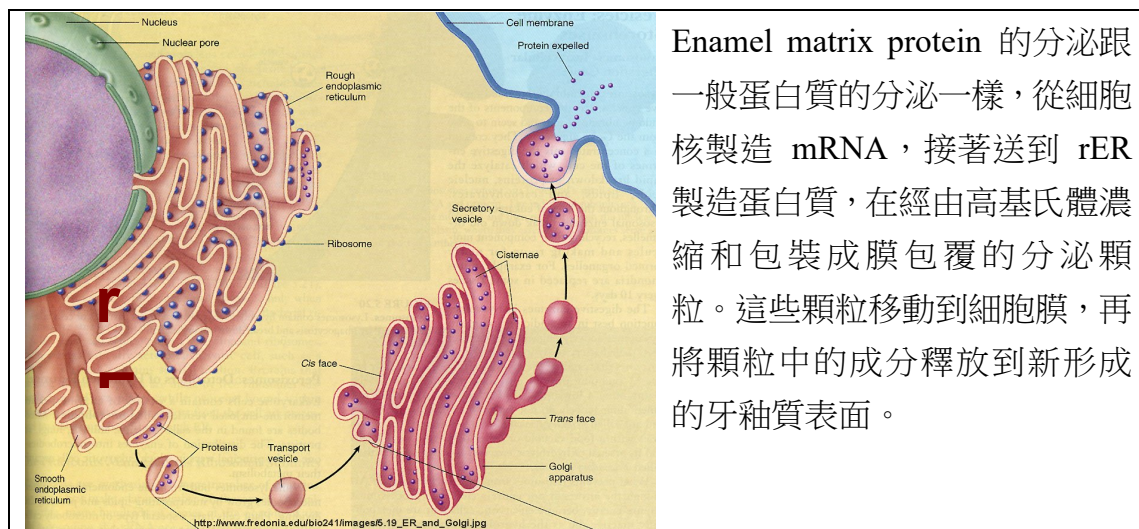
- A. 在牙釉質形成期 (morphogenetic stage) 時會出現
- B. 為造牙本質細胞 (odontoblast) 之分泌端
- C. 會穿越過牙本質牙釉質交界
- D. 與牙釉質基質的形成有關

97-1-51.

在分泌期之造釉母細胞能形成牙釉柱 (enamel rod) 的結構為下列何者？

- A. 牙釉板 (enamel lamina) B. 牙釉梭 (enamel spindle)
- C. 牙釉結 (enamel knot) D. Tomes 氏突

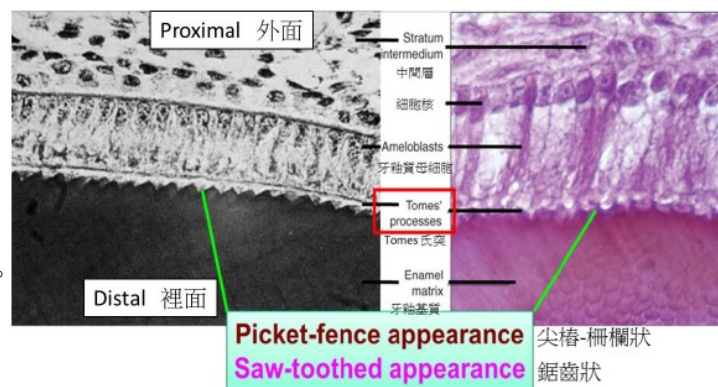
● 牙釉蛋白的製造和分泌：



● Secretory ameloblasts:

1. 分泌期的 ameloblast 成長柱狀，細胞核在近端，organelles 集中在遠端。
2. 當牙釉質形成，牙釉質母細胞也逐漸遠離牙本質表面，很快的每個細胞會形成一個短的圓錐狀突起，稱為 Tomes' process，並伸入新形成的 enamel matrix 內。Enamel matrix 之所以稱為 matrix 是因為它尚未完全鈣化。(回想一下成熟的牙釉質在製作切片的過程中會流失而無法在光學顯微鏡底下觀察到。但尚未完全鈣化的牙釉質卻可保留部份甚至全部的結構，這種保留下來的結構稱之為「牙釉質基質，enamel matrix」，而不是稱作牙釉質，enamel。在底下的內容會說明兩者在光學顯微鏡底下的差異。)

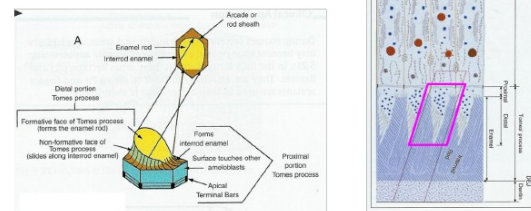
3. 注意 Tomes' process 位於剛形成的 enamel 與 ameloblast 的交界處，呈現柵欄狀 (picket-fence) 或鋸齒狀 (saw-toothed)。(除了注意這裡的交界處之外，請看 ameloblast 細胞之間的排列也是呈現整齊的柵欄狀。前面已提到過，ameloblastoma 其中一個特徵是腫瘤細胞的細胞核有 reverse polarity 的現象，在此則出現另一個重要的特徵：腫瘤細胞的排列呈現柵欄狀。)



● Tomes' process:

1. 認識 Tomes' process 需要用立體的概念，不能只單看平面。
2. Tomes' process 尖端是一個短的圓錐狀結構，有兩個分泌牙釉質蛋白的部位：

- (1) 近心端 (proximal portion) 連接相鄰的 ameloblast，構成 interrod。
- (2) 遠心端 (distal portion) 被鈣化中的牙釉質圍繞，構成 rod。



3. Rod 和 interrod 組成成分相同，差別在於兩者晶體排列的方向不同。
4. Interrod 比 rod 早形成。

5. Rodless/aprismatic enamel:

- (1) 起始層的牙釉質：牙釉質剛開始形成時，Tomes' process 只有 proximal portion。前面提到 interrod 比 rod 早形成，所以這個階段只有 interrod 形成而沒有 rod。
- (2) 最後形成的牙釉質：當牙釉質形成結束，Tomes' process 會失去它的 distal portion，因此這個階段也沒有 rod。
- (3) 從以上兩點可知，含有 rod 的牙釉質會像三明治一樣，被包圍在 rodless 的牙釉質中間。

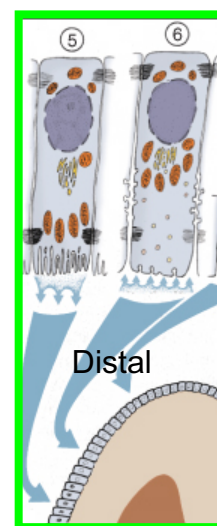
● 成熟期 (maturation stage)，可分成兩個時期：

1. 轉型期 (transitional phase)

(1) 細胞形態的改變：

- A. 此時 ameloblast 的工作即將完成，所以細胞會變得比較短。(問題與思考：為什麼細胞會變短?)
- B. 因其分泌的工作即將完成，細胞體積和分泌的相關胞器含量會減少。

- (2) 計劃性的細胞凋亡：有 1/4 的牙釉質母細胞會死亡。這種 programmed cell death 在生理學上又稱為 apoptosis²，細胞凋亡。(問題：細胞進行 apoptosis 時會有那些外觀上的變化？它和 necrosis 有什麼不同？請參考 Ten Cate 第 8 版教科書 Box 7-1、Figure 7-40、p144-146。)

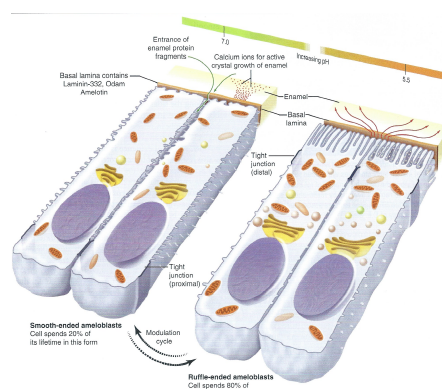


2. 成熟固有期 (maturation proper)

- (1) 細胞的調節：細胞反覆的形成、消失、再形成細胞尖端粗糙皺褶 (ruffle-ended) 的變化。一旦牙釉質母細胞出現此皺褶，即進入成熟期。

- (2) 成熟的過程中，牙釉質母細胞會移除牙釉質中大量的水分和有機質，同時增加無機物使牙釉質鈣化更完全。

- (3) 如右圖所示，細胞膜皺褶的結構可使無機離子滲出而進入成熟中的牙釉質；當細胞膜呈平滑面的結構時，可吸收成熟中牙釉質的蛋白質和水分。上述過程貫穿整個牙釉質的形成，



²Apoptosis (/æpə'toʊsɪs/; from Ancient Greek ἀπό apo, "by, from, of, since, than" and πτώσις ptōsis, "fall") (<https://en.wikipedia.org/wiki/Apoptosis>)

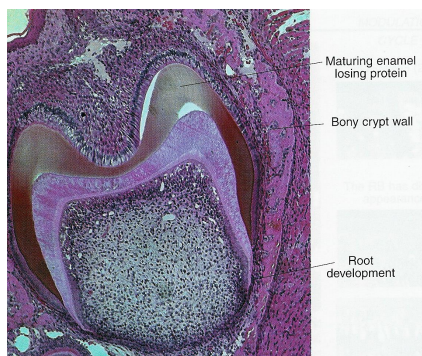
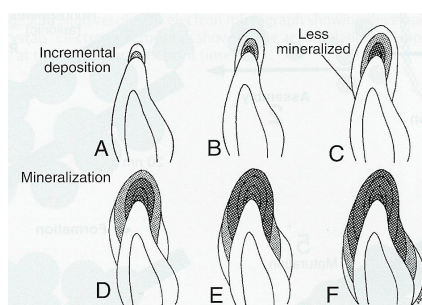
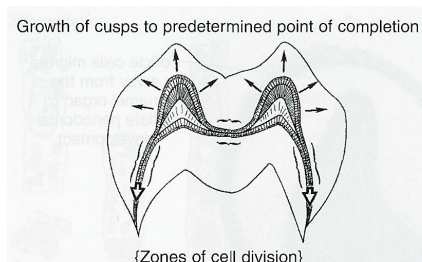
使得牙釉質成為身體中鈣化程度最高的組織。

● 發育中牙釉質成熟後的結果：

1. 獲得礦化物，以鈣和磷酸鹽最多。
2. 失去蛋白質和水。

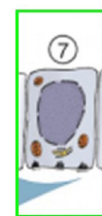
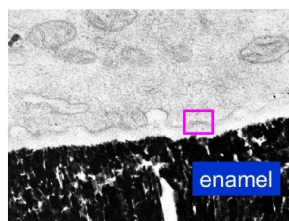
● 發育中的牙齒在 H&E 的切片下可見：

1. 咬頭的尖端較淡染或無染色（染色較淡或無染色）。
2. 齒頸部較濃染（染色較深）。
3. 鈣化程度越高，染色越淡；鈣化程度越低，染色越深。這是因為 enamel 由 cusp 的尖端開始形成（參考右圖），所以發育中的牙齒在 cusp 的尖端鈣化程度較高（因較早形成），染色顏色較淡；反之，齒頸部因為較慢形成，鈣化程度較低，所以染色顏色較深。
4. 利用脫鈣能看出鈣化程度的高低：鈣化程度越高者，結構中所流失的鈣就越多，染色的深度就越淡。
5. 右上圖是發育中的牙齒，因為牙釉質尚未完全鈣化，所以脫鈣後仍可見大部份的牙釉質基質。



● 保護期 (protective stage)：

1. 牙釉質母細胞失去紋狀邊緣，並且在牙釉質表面分泌一層無結構的有機物覆蓋在牙冠表面，稱為牙釉質覆膜 (enamel cuticle)。牙釉質母細胞透過 hemidesmosome 與 enamel cuticle 相接。



（問題：什麼是 hemidesmosome？它的結構為何？有什麼作用？它的結構是一半的，hemi-，desmosome 嗎？與 desmosome 有什麼差異？）

2. 細胞變短，胞器的數量減少，多餘的胞器被細胞中的自噬小泡和溶酶體³吞

³兩者融合形成自噬小體，autophagosome。

噬和分解⁴，剩餘的胞器則聚集到靠近牙釉質基質的細胞質。

3. 此時牙釉質已形成完全，但牙齒尚未萌出到口腔中。在此階段需要受保護，以防止過早接觸周圍的結締組織而破壞牙釉質的完整性。
4. 在 enamel 發育完成之後，殘餘的 ameloblast 會和 stratum intermedium、stellate reticulum，以及 OEE 所形成的複層鱗狀上皮，形成三到四層細胞厚度的 reduced dental/enamel epithelium (REE，退化性牙釉上皮) 蓋在 enamel cuticle 的表面，提供保護作用。

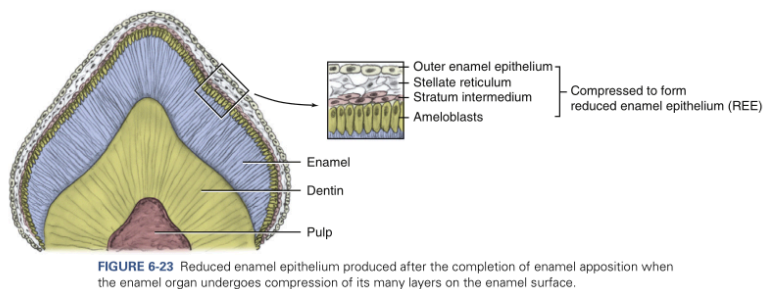
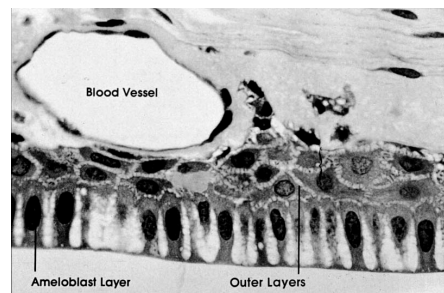


FIGURE 6-23 Reduced enamel epithelium produced after the completion of enamel apposition when the enamel organ undergoes compression of its many layers on the enamel surface.



國考題

107-2-50.

下列有關成熟之造釉細胞的敘述，何者正確？

- A. 不能再分裂 B. 僅參與牙釉基質之吸收 C. 分泌最後一層牙釉質
D. 分泌湯姆氏突 (Tomes' process) 周圍的基板

105-2-50.

在分泌期之造釉細胞能形成牙釉柱 (enamel rod) 的結構為下列何者？

- A. 牙釉板 (enamel lamina) B. 牙釉梭 (enamel spindle)
C. 牙釉結 (enamel knot) D. 湯姆氏突 (Tomes' process)

105-1-50.

於乳牙複合樹脂充填中，需加強酸蝕 (acid etching) 作用的最主要原因為何？

- A. 作為殺菌劑 (bactericide)
B. 酸蝕接觸面大部分為無釉柱牙釉質 (rodless enamel)
C. 作為複合樹脂的催化劑
D. 中和接觸面的鹼性度

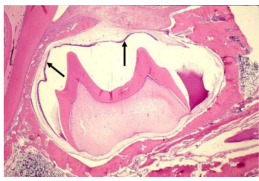
104-2-48.

有關造釉細胞平滑端 (smooth-ended ameloblasts) 的敘述，下列何者正確？

- A. 出現在牙釉質形成 (amelogenesis) 過程中的組織分化期 (histodifferentiation stage)
B. 有旺盛的內噬作用 (endocytotic activity)
C. 小分子蛋白容易釋至胞外

⁴此過程稱為「autophage」，由日本科學家大隅良典 (Ohsumi Yoshinori) 在 1990 年代的研究中證明，並於 2016 年獲得諾貝爾生理學或醫學獎 (生醫獎)。此外，比利時科學家 Christian de Duve 因發現溶酶體的存在而獲得 1974 年諾貝爾生醫獎。
(請參考網站：http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/)

D. 具有大量的活化鈣離子三磷酸腺苷酶 (calcium-adenosinetriphosphatase)



99-2-57.

下圖為發育中牙齒之組織學照片，箭頭所指之帶狀構造為下列何者？

- A. 牙板(dental lamina) B. 退化性牙釉上皮(reduced enamel epithelium)
C. 牙乳頭(dental papilla) D. 上皮橫膈(epithelial diaphragm)

● 退化性牙釉上皮過早破壞

1. 如果退化性牙釉上皮過早被破壞，失去了保護的作用，結締組織就會接觸到 enamel，導致 cementum (牙骨質) 堆積在 enamel 上，或造成局部小區域的牙釉質吸收而形成缺陷。

2. 右圖為發熱性疾病 (Febrile diseases) 所導致的牙釉質缺陷：在 enamel 形成期間發燒，enamel 的形成被迫中斷，會在成熟的牙齒表面產生缺陷或導致發育不良。右圖中可見下顎前牙 (左犬齒到右犬齒) 的牙冠出現一條明顯的凹陷。



Enamel proteins，牙釉質蛋白

● 牙釉質形成素 (amelogenins)

1. 占 90%。
2. 控制牙釉質生長的厚度與高度的發展。

● 非牙釉質形成素 (non-amelogenins)

1. 其中的 10% 為牙釉質素 (enamelin) 跟 ameloblastin。
2. 促進和引導牙釉質晶體的形成。

國考題

108-2-50.

有關牙釉質形成素 (amelogenin) 的敘述，下列何者正確？

- A. 為一種膠原蛋白 (collagenous protein)
B. 於牙釉蛋白組成中佔 10%
C. 負責轉錄的基因位在染色體 11q22.3
D. 性質為疏水性蛋白 (hydrophobic protein)

106-1-50.

在牙釉有機基質中以下列那種蛋白質最多？

- A. 釉母蛋白 (ameloblastin) B. 膠原蛋白 (collagen)

- C. 牙釉質形成素 (amelogenin) D. 角質素 (keratin)

106-1-49.

有關牙釉質形成素 (amelogenin) 之敘述，下列何者正確？

- A. 主要堆積於 secretory stage
B. 主要堆積於 maturation stage
C. 等量堆積於 secretory stage 與 maturation stage
D. 其蛋白質中心部分含大量 tyrosine

103-2-49, 97-2-51.

牙釉基質 (enamel matrix) 不包含下列何種蛋白？

- A. amelogenins B. nonamelogenins C. serum proteins D. tuftelins

102-2-50.

牙釉質蛋白 (enamel proteins) 中，下列何者含量最多？

- A. Enamelin B. Amelogenin C. Amelotin D. Tuftelin

102-2-51.

牙釉質分解酶 (enamelysin) 屬於下列何種蛋白質家族成員？

- A. 基質絲胺酸蛋白酶 (matrix serine proteases)
B. 基質金屬蛋白酶 (matrix metalloproteinases)
C. 基質蘇胺酸蛋白酶 (matrix threonine proteases)
D. 基質天門冬胺酸蛋白酶 (matrix aspartate proteases)

101-2-49.

下列何種蛋白與牙釉質形成素之分解 (degradation of amelogenin) 有關？

- A. amelotin B. ameloblastin C. kallikrein 4 D. apin

98-2-50.

下列有關牙釉蛋白受到酶處理的敘述，何者正確？

- A. 分泌期與成熟期皆有
B. 僅在成熟期有
C. 僅對牙釉質形成素 (amelogenins) 有作用
D. 產生高分子量之成熟釉蛋白

Structural and organizational features of enamel

● 化學組成 (chemical composition)

1. 礦物質占 96% (主成份為氫氧磷灰石, hydroxyapatite)。(請注意比較牙齒三個硬組織中的無機物和有機物含量的比例。)
2. 有機物及水占 4%。有機物在發育中的牙釉質階段可引導牙釉質晶體生長；在牙釉質成熟之後，則是和水份共同作用，散佈在晶體之間，將晶體和牙釉柱黏合在一起來降低晶體的斷裂或分散牙釉質所承受的壓力。
3. 細菌會破壞有機物質，enamel 的成分中只有 4% 的有機物質，所以較能抵

抗蛀牙。

● 物理性質 (physical characteristics)

1. 硬：牙釉質是人體中最硬的組織，其硬度約為牙本質硬度的五倍⁵，因此對咀嚼磨耗有較大的抵抗力，同時是深部牙本質和牙髓的保護層。
2. 脆：因無機物含量高，因此脆性很高且容易折斷，牙釉柱中的晶體排列方式 (interlocking hydroxyapatite crystals) 和位於其深部的有一定彈性的牙本質 (類似緩衝墊的效果) 可降低其易折性。
3. 顏色為半透明：牙釉質呈乳白色或淡黃色，顏色與其厚度和礦化程度有關，礦化程度越高，釉質越透明，其深部牙本質的黃色越容易透出而呈現淡黃色；礦化程度低則釉質透明度差，牙本質顏色不能透過而呈乳白色。乳牙牙釉質礦化程度比恆牙低，所以呈現乳白色⁶。

● 分布

1. 如左下圖，在 cusps 與 incisal edges 的部位最厚，在齒頸部最薄。
2. 如右下圖，從 cusps (紅色) 到 cervical (藍)，enamel 越來越薄。(問題與思考：牙釉質在同一顆牙齒的不同部位有不同的厚度，在臨床上有什麼重要的意義？對臨床的治療有什麼影響？)



國考題

103-1-49.

下列有關牙釉質的敘述，何者正確？

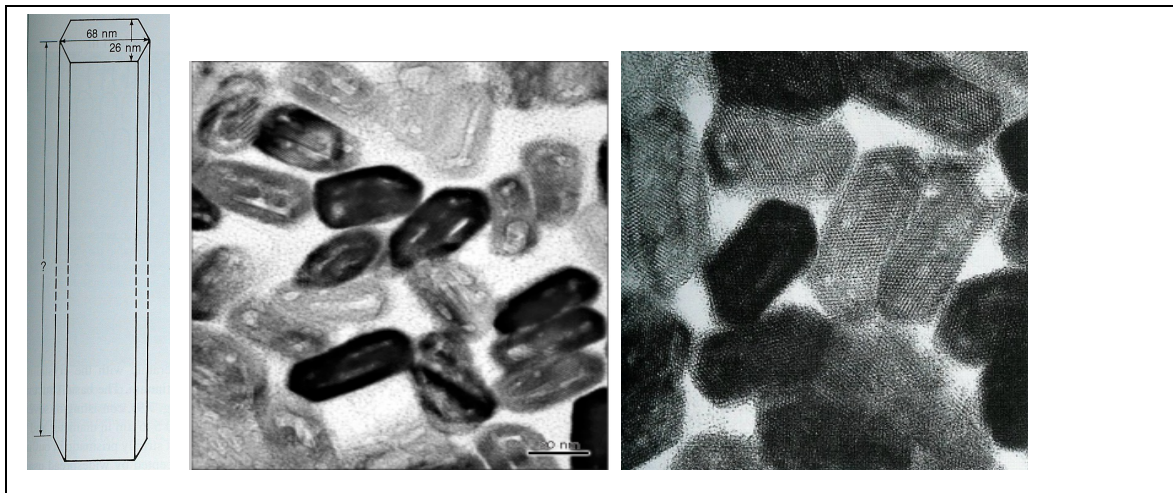
- A. 包含與牙本質不同型式之磷灰石成分
- B. 包含單一類之牙釉蛋白
- C. 礦質化的程度低於牙本質
- D. 礦質化的程度高於牙本質

⁵牙本質為全身第二硬的硬組織，礦化程度為 70%。

⁶牙齒的顏色，除了會受牙釉質礦化程度的影響之外，還有其它因素會影響牙齒的顏色，例如藥物、牙齒內吸收等，以後的課程會再介紹。

Structure of enamel

- 牙釉質的基本結構是牙釉稜柱 (enamel rod)，為細長的柱狀結構，起於牙本質牙釉質交界 (dentino-enamel junction, DEJ) 處，貫穿整層牙釉質而到達牙齒的表面。
- Rod 及 interrod 的結構相同，但是晶體排列的方向不同。(請見上課檔案的彩圖。)

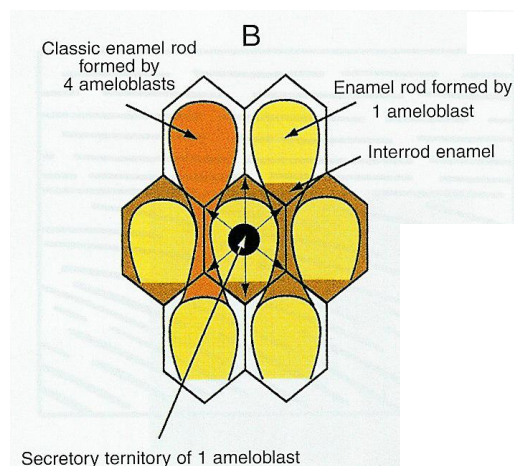


- Enamel crystals:

1. 寬度大約 60~70 nm。
2. 厚度大約 25~30 nm。
3. 長度相當長，最長者能跨越整個牙釉質層。
4. 晶體切面形成六角型。
5. 中心比周圍含有更多的鎂和碳酸鹽。中心的水溶性較好。

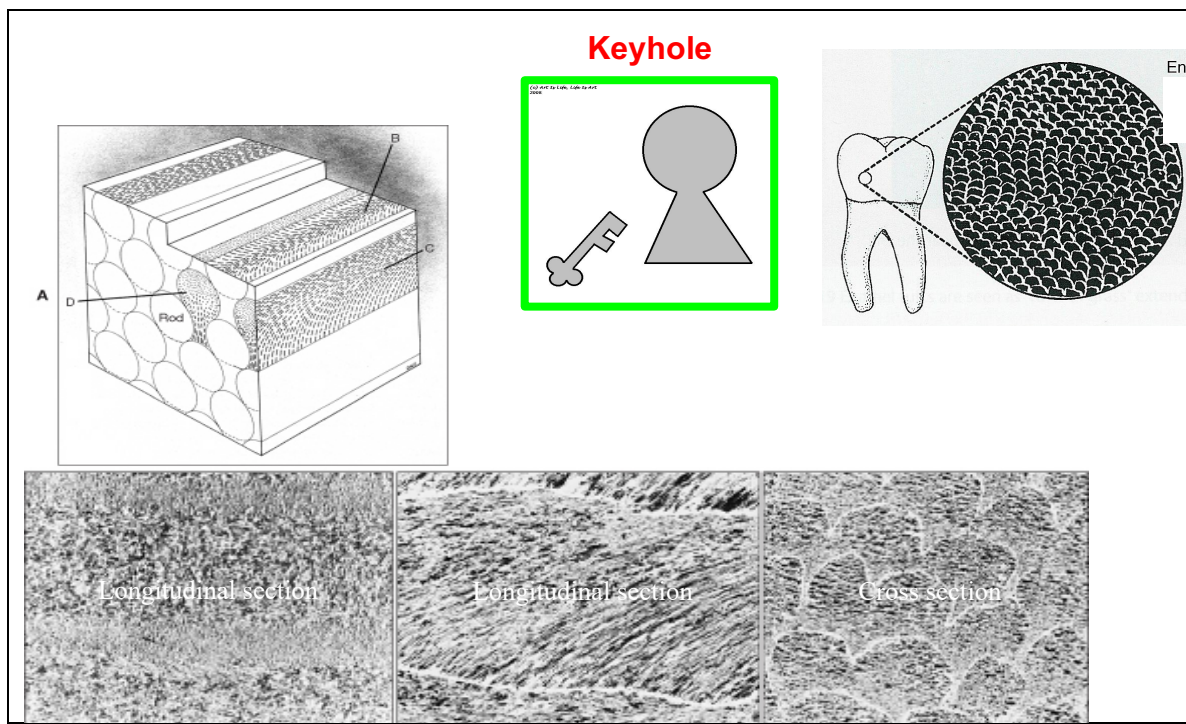
- Enamel rod 的組成有兩種概念：

1. 傳統概念 (如右圖左側)：每根牙釉稜柱由 4 個 ameloblast 參與形成，一個 ameloblast 形成牙釉稜柱的頭，三個相鄰的細胞形成頸部和尾部，使牙釉稜柱呈現像鑰匙孔 (keyhole) 或球拍一樣的形狀。這種一個 enamel rod 由 4 個 ameloblast 組成的概念，是沒有 interrod 的存在。



2. 現在的概念 (如右圖右側，六角形概念)：enamel rod 由一個 ameloblast 組成，中間是 enamel rod (顏色較淺的部分)，兩側是 rod sheath，尾端則是

interrod (顏色較深的部分)。此概念較能解釋在牙釉質發育的過程中，牙釉柱彼此之間的關係，可從 Tomes' process 的觀點來解釋。



- 牙釉柱和柱間物的關係更合適的說法：
 1. 圓柱狀的 enamel rod 被包覆在 interrod enamel 裡面。
 2. 縱切：enamel rod 跟 interrod 有一條界線，因為晶體的排列方向以及鈣化程度不同所導致。
 3. 橫切：可以看到分別的 core，以及鑰匙孔（有一個近乎圓形較大的頭部和一個較細長的尾部）或魚鱗的形狀。相鄰的釉柱均以頭尾相嵌的形式排列。鑰匙孔的頭朝向牙齒的牙尖或切緣的方向，尾巴則是朝向牙根的方向。
 4. （請參考左上圖）牙釉質晶體在牙釉柱的頭部互相平行排列，其長軸平行於牙釉柱的長軸，當它從頸部向尾部移動時，晶體長軸的方向逐漸與牙釉柱長軸成一角度，至尾部時已與牙釉柱長軸呈現 65-70 度傾斜。因此，在一個牙釉柱尾部與相鄰牙釉柱頭部的兩組晶體交界處呈現參差不齊的增寬的間隙，稱為牙釉柱間隙，成為牙釉柱頭部清晰的弧形邊界，稱之為釉柱鞘 (rod sheath)。

國考題

105-1-49.

下列有關牙釉晶體的敘述，何者正確？

- A. 含豐富之脯氨酸 (proline) B. 含豐富之氟離子
C. 為醮化 (glycosylated) 結構 D. 部分化學分子可被碳酸 (carbonate) 取代

102-1-52.

下列有關牙釉晶體之敘述，何者正確？

- A. 為小板狀結構 B. 為六角形結構
C. 為短帶狀結構 D. 邊端較容易溶解

101-2-51.

下列有關牙釉柱 (enamel rod) 的敘述，何者正確？

- A. 不會伸入牙本質 B. 外形為圓柱狀
C. 走向皆與表面垂直 D. 與柱間物 (interrod) 有明顯界線

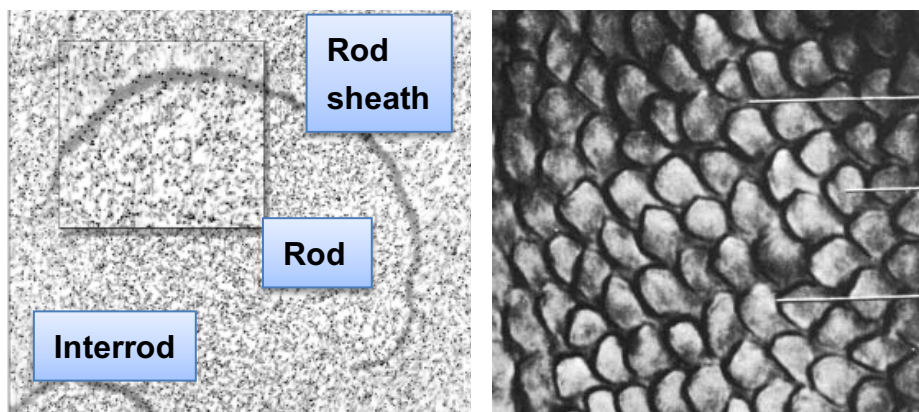
101-1-48.

下列有關牙釉柱 (enamel rod) 中之晶體的敘述，何者正確？

- A. 皆為長柱狀 B. 有不同走向 C. 皆為針狀 D. 由牙釉蛋白所組成

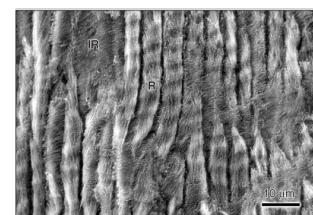
Rod sheath，釉柱鞘

- Enamel rod 與 interrod 之間的界線。
- 比牙釉質其他地方含有更多牙釉質蛋白。
- 釉柱鞘是牙釉質基質像魚鱗 (如下圖所示) 的原因。



Cross striations of enamel rod

- 橫紋是牙釉稜柱上與牙釉稜柱長軸互相垂直的細線，在牙釉稜柱上呈現規律性重複分布，看起來像樓梯一樣。兩條橫紋間隔 2-6 μm ，平均 4 μm 。
- 橫紋的形成與牙釉質母細胞每天的周期性形成牙釉質



有關（橫紋是代表牙釉質母細胞每天的周期性變化，底下的瑞氏紋則是代表每週的周期性變化。在牙本質也可以發現類似的結構，請自行比較。），代表每天牙釉質形成的速度。可能反映了牙釉柱中有機物、無機物在含量和密度上的變化。有研究指出釉柱中碳酸鹽和鈉含量呈周期性變化，並且與橫紋的分布吻合。



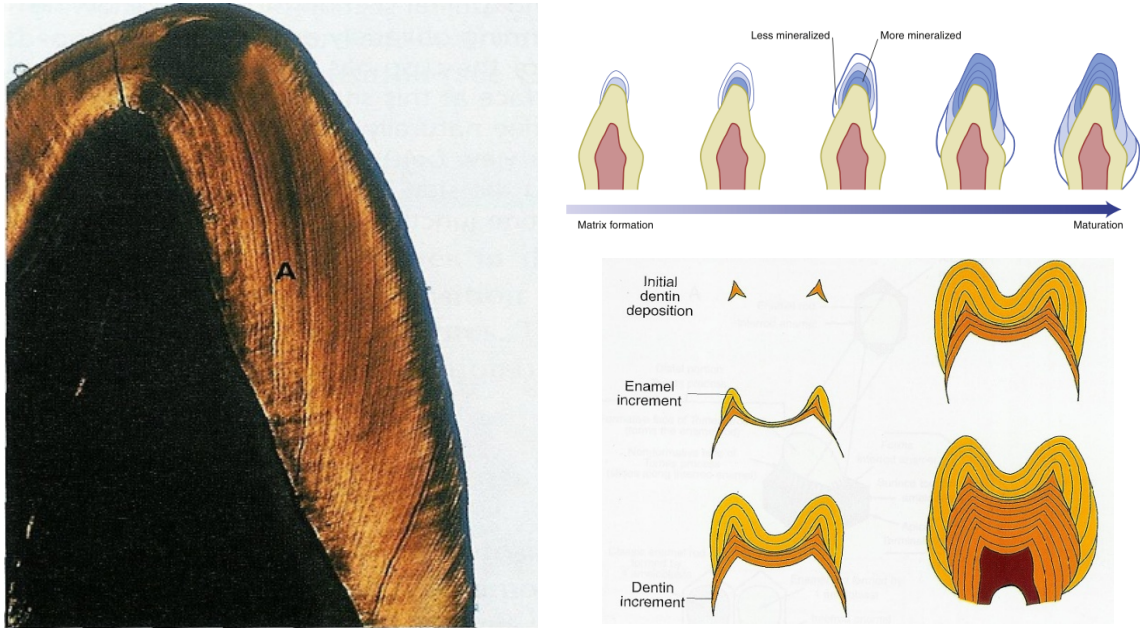
- 橫紋也可能代表牙釉柱中晶體堆積方式的改變，亦即晶體的緊密堆積間穿插著有機物聚集區。橫紋處礦化程度較低，故當牙齒輕度脫鈣時可見較明顯的橫紋。

Striae of Retzius，瑞氏紋

- 為牙釉質的生長線 (incremental growth line)，低倍鏡下觀察橫斷面 (cross section) 的磨片時呈深褐色同心環狀排列，類似樹的年輪（如右下圖）。在縱向 (longitudinal section) 磨片中，生長線自 DEJ 向外沿著牙釉質形成的方向，在牙尖形成環形排列環繞牙尖，靠近齒頸部則漸呈斜行線。（瑞氏紋在橫切和縱切時的排列方式，要注意其延伸的方向是往牙尖或切緣的方向。在看牙釉質的磨片時，可以觀察瑞氏紋紋路的走向來判斷牙尖或牙根方位。）
- 使用掃描式電子顯微鏡觀察發現，該處晶體排列不規則，孔隙增多，有機物增加，所以在光學顯微鏡下因折光率改變而呈褐色。
- 瑞氏紋是牙釉質周期性的生長速率改變（牙釉質基質周期性分泌速率減緩）所形成的間歇線，其寬度和間距因發育狀況變化而不等，約代表每週牙釉質沉積的厚度。



- 左圖：為縱切圖，可看見 striae of Retzius（圖中箭頭所指黑線）由 DEJ 延伸到牙齒表面。
- 中間圖：為縱切圖，可見 striae of Retzius 縱向延伸到牙齒表面。
- 右圖：為橫切圖，可觀察到瑞氏紋同心圓狀的排列，像年輪一般。



- 請注意右圖中牙釉質與牙本質生長的順序及方向，並比較牙釉質與牙本質 **incremental line** 的不同。
- 由此三圖可以明顯看出在牙齒 **cusps** 和 **incisal edge** 的地方，**striae of Retzius** 不會延伸到牙齒表面，除非牙釉質表面有磨損（磨耗）的情形。（關於牙釉質的磨耗，在本章的後面會有說明。）
- 特別明顯的瑞氏紋（或生長線）是因為在牙胚發育的過程中，身體曾經有過系統性的改變，如發燒等，使得生長環境產生劇烈的變化，進而使牙釉質的發育受到干擾。
- 牙釉質新生線：是加重的雷氏紋，反應出新生兒在出生時，生理環境劇烈的變化。常見於乳牙和第一恆白齒的磨片上，這是由於乳牙和第一恆白齒的牙釉質一部分形成於胎兒期，另一部分形成於嬰兒出生以後。當嬰兒出生時，由於環境及營養的變化，該部位的牙釉質發育一度受到干擾，特稱其為新生線。電子顯微鏡下可見該部位晶體的密度減低。

國考題

106-1-52.

有關瑞氏紋（**striae of Retzius**）的敘述，下列何者錯誤？

- A. 乳齒及恆齒中均能發現
- B. 為牙釉質每周增長過程之紀錄
- C. 光學顯微鏡下作縱切面觀察時呈一系列明亮線條
- D. 光學顯微鏡下作橫切面觀察時呈同心圓狀

105-2-49.

下列何者為牙釉質 (enamel) 之生長線？

- A. **Striae of Retzius** B. Incremental lines of von Ebner
C. Bands of Hunter and Schreger D. Contour lines of Owen

101-2-50, 97-2-50.

若以光源顯微鏡觀看橫切的牙齒時，下列有關 Retzius 氏橫紋的敘述，何者正確？

- A. 無法見到 B. **狀似同心圓** C. 呈溝狀 D. 僅在牙釉質內三分之一處呈現

99-2-48.

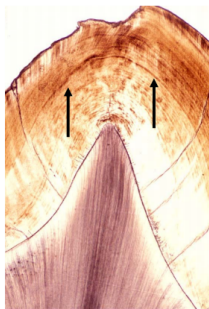
下列何者為牙釉質中發育生長線的名稱？

- A. **Retzius 氏條紋** B. von Ebner 氏條紋 C. Tomes 氏突 D. Owen 氏輪廓線

98-1-51, 107-2-49.

下列有關 Retzius 氏橫紋的敘述，何者正確？

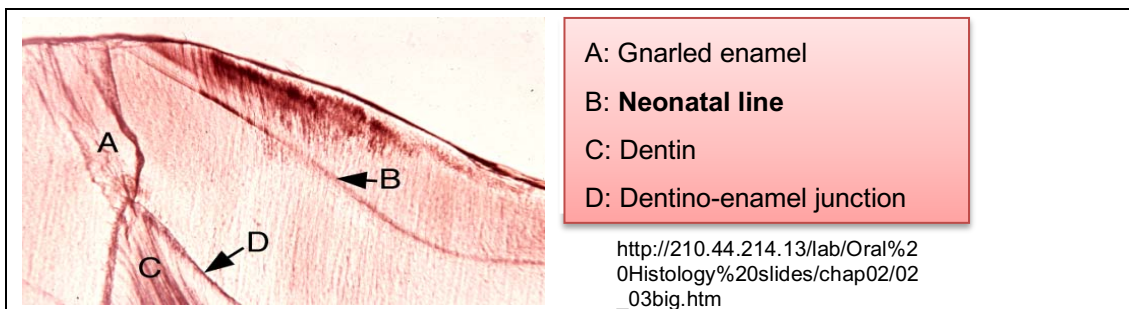
- A. **為牙釉質礦質化過程之記錄** B. 為牙釉質每日增長過程之記錄
C. 僅在恆齒中發現 D. 僅在乳齒中發現



98-1-62, 107-1-50.

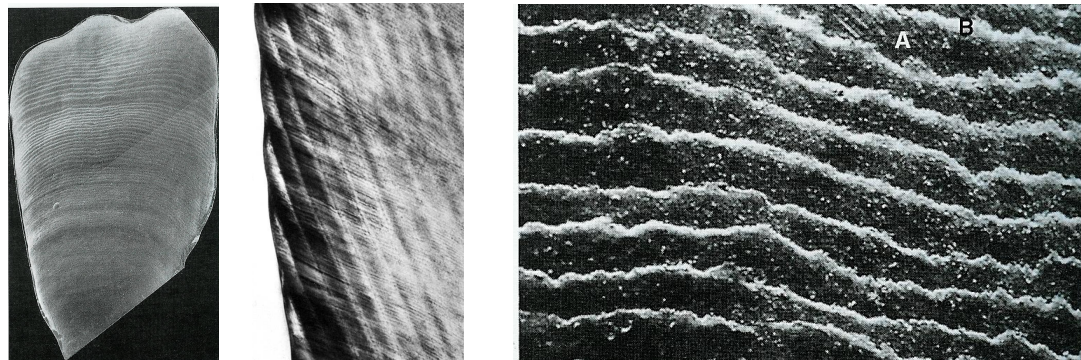
下圖為牙齒磨片 (ground section) 之組織學照片，箭頭所指年輪狀之構造為下列何者？

- A. 歐文氏外形線 (contour line of Owen)
B. **瑞氏紋 (striae of Retzius)**
C. 魏克罕氏紋 (striae of Wickham)
D. 方艾勃納氏增生線 (incremental line of Von Ebner)

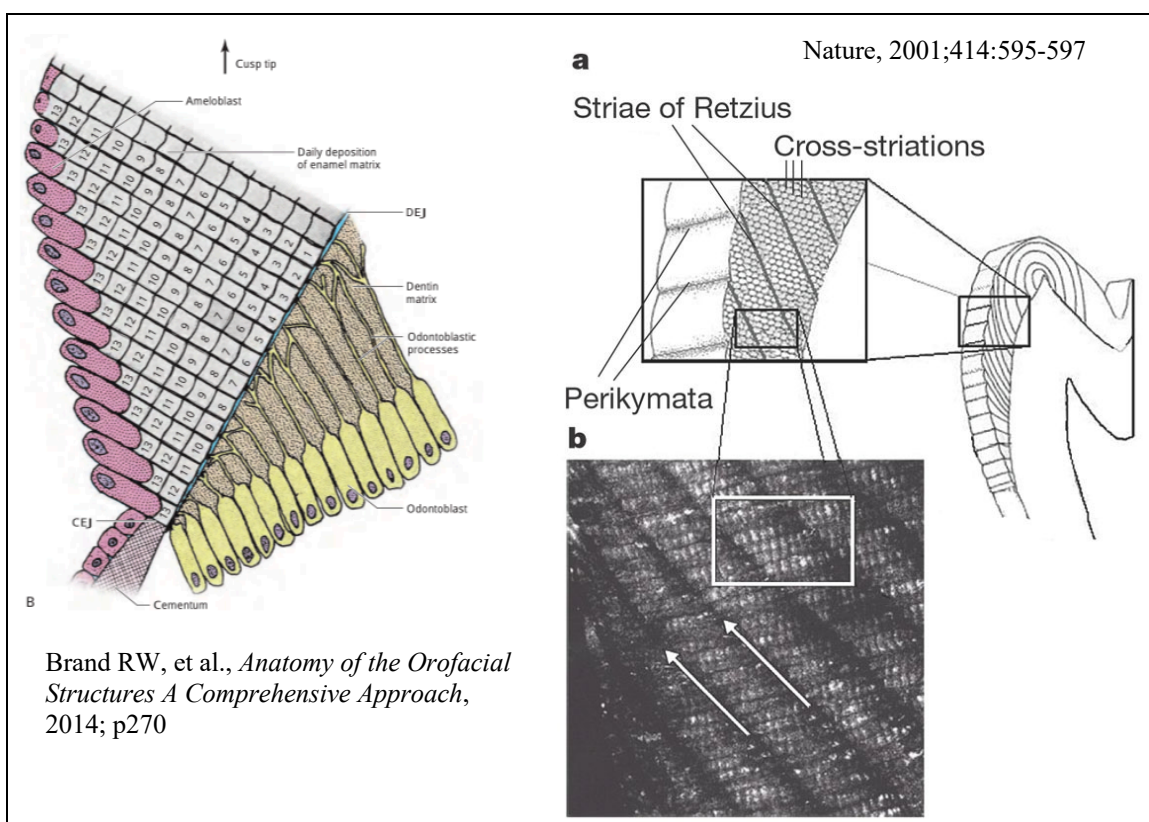


- 在 neonatal line 內側的 enamel 是在母親肚子內形成的，稱為 prenatal enamel，在 neonatal line 外側的 enamel 是出生後形成的 enamel，稱為 postnatal enamel。上圖中 B 所指的結構即是 neonatal line，在其上方的 enamel 稱為 postnatal enamel，在其下方的 enamel 則稱之為 prenatal enamel。
- 此磨片圖中，還要注意 A 的結構，在底下的內容中會提到。（問題與思考：在構造 A 的牙齒尖端有什麼異常現象？造成這種現象的可能原因有那些？）

Perikymata，釉質橫紋



- 每條瑞氏紋終止在牙釉質外表面所形成一條條波浪狀的淺溝便稱為 perikymata⁷。
- Perikymata 會呈水平狀橫過並且圍繞著牙冠表面。
- 在新萌發牙齒的唇側（頰側）面和牙冠中間部至齒頸部最為明顯。
- 較老的牙齒會因為磨耗（例如刷牙或磨牙或食物的磨擦）或侵蝕（例如酸性食物、碳酸飲料）的關係而較不明顯。



⁷Shallow, horizontal furrows on the enamel of a tooth where the striae of Retzius meet the surface. [peri- + Greek kyma, wave] (Medical Dictionary for the Health Professions and Nursing © Farlex 2012)

- 右圖左下方圖中之箭頭所示即為瑞氏紋，會延伸到牙釉質表面形成一條條平行的淺溝（可想像成瑞氏紋的終止點），即為釉質橫紋。（右圖是刊登在 *Nature*⁸ 期刊的圖，請自行練習畫圖熟悉 cross striation、striae of Retzius、以及 perikymata 三者間的關係。）
- 兩條瑞氏紋間會有 7 至 10 個橫紋，在牙齒中間約相距 25-35 μm (4/day)；在齒頸部約相距 15-20 μm (2/day)。
- Cross striations（每天的變化）：用小圓圈表示。
- Striae of Retzius（每周的變化）：從 DEJ 畫到表面。要注意方向是往 cusp，朝上，而不是往齒頸部的方向。

國考題

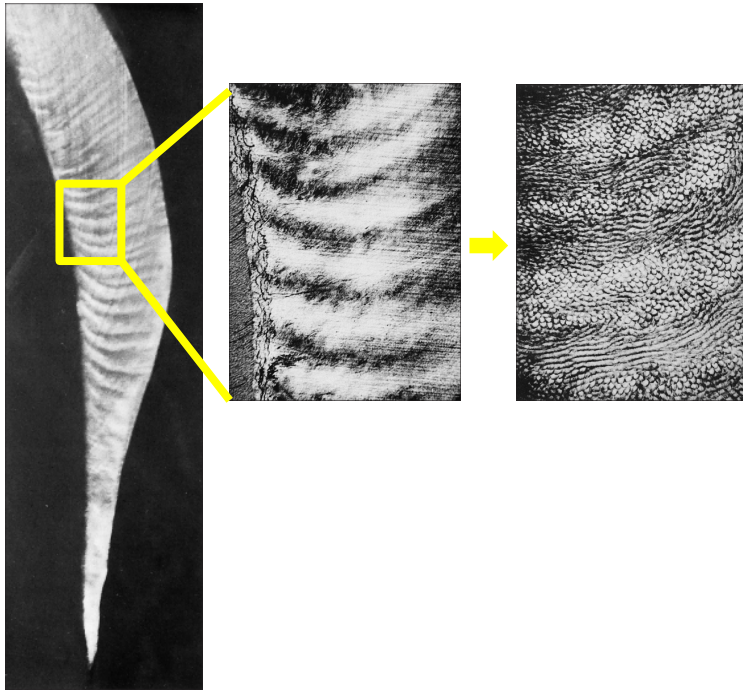
104-1-50.

下列有關釉質橫嵴（perikymata）之敘述，何者正確？

- A. 為瑞氏紋（striae of Retzius）由牙本質牙釉質交界往外延伸至牙釉質表面之淺凹
- B. 為牙本質牙釉質交界在牙釉質表面之延伸
- C. 為板層（lamellae）顯現在牙釉質表面之紋路
- D. 為牙釉叢（enamel tufts）延伸至牙釉質表面

⁸*Nature* is a British interdisciplinary scientific journal, first published on 4 November 1869. It was ranked the world's most cited scientific journal by the Science Edition of the 2010 *Journal Citation Reports*, is ascribed an impact factor of approximately 42.4, and is widely regarded as one of the few remaining academic journals that publishes original research across a wide range of scientific fields. In 2007 *Nature* (together with *Science*) received the Prince of Asturias Award for Communications and Humanity. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Nature_\(journal\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Nature_(journal)), 2015)。(進階問題與思考：如何搜尋學術期刊與論文？搜尋學術期刊與論文的方法和用 Google 搜尋得到的結果有什麼不同？)

Hunter-Schreger bands，亨特-許雷格帶



- Hunter-Schreger bands 是黑白相間的曲線（看起來像肋骨）。
- 這些明暗變化帶的形成是由於相鄰的牙釉稜柱群排列方向不同而形成的光學現象。要利用反射式光學顯微鏡觀察，而非一般實驗常用的穿透式光學顯微鏡⁹。
- 觀察磨片的縱切面，暗帶 (dark bands, diazones) 是橫切面 (cross section)，點狀明帶 (lighter bands, parazones) 是縱切面 (longitudinal section)。
- 可在牙釉質內側 2/3 處觀察到。
- 每個明帶或暗帶約有 50 μm 寬

國考題

109-1-45.

關於亨特-許雷格帶 (bands of Hunter and Schreger) 之敘述，下列何者正確？

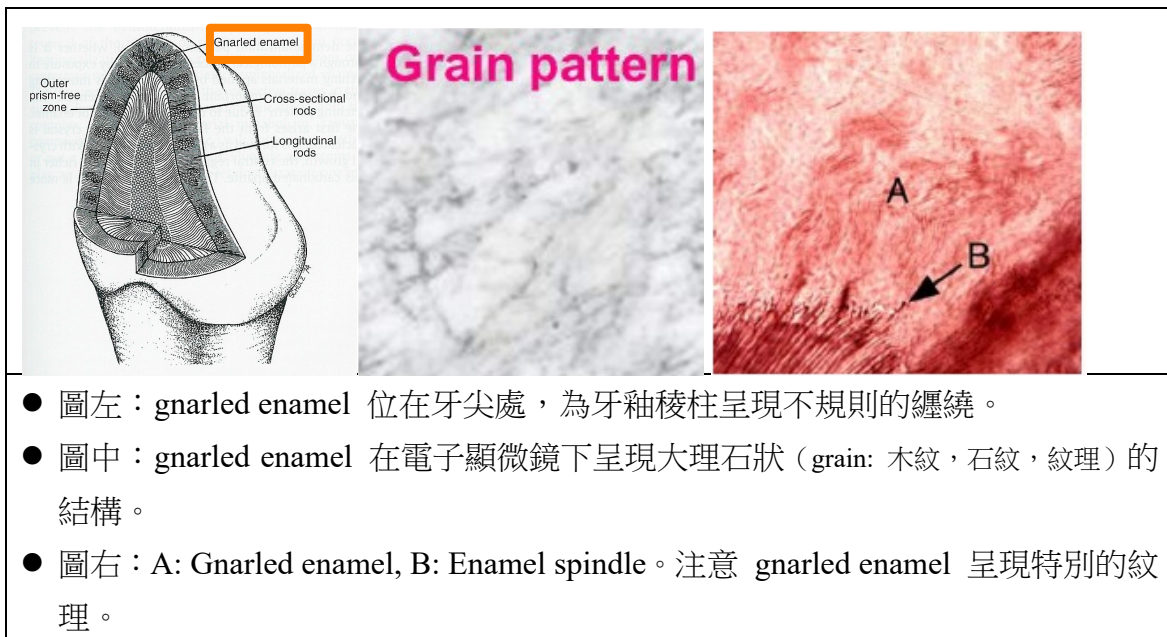
- A. 使用透光顯微鏡 (transmitted light microscope) 最有利觀察
- B. 發育過程中因鈣化不全所造成
- C. 與相鄰牙釉柱 (enamel rod) 的不同排列方向有關
- D. 為牙本質的生長線

⁹光學顯微鏡可分為反射式和透射(穿透)式。反射式光學顯微鏡所觀察的物體一般是不透明的，光從上面往下照在物體上，被物體反射的光進入顯微鏡。這種顯微鏡經常被用來觀察固體等，多應用在工學、材料領域。透射式顯微鏡的物體是透明的或非常薄(如組織切片)，光由切片的下方往上照，可透過切片進入顯微鏡。這種顯微鏡常被用來觀察生物組織。

(Modified from: <https://zh.wikipedia.org/wiki/光学显微镜>)

Gnarled enamel，多節性牙釉質，曲結牙釉質，絞釉

- Gnarled 有彎曲凹凸不平的意思。此結構為牙釉稜柱自 DEJ 至牙齒表面的走向不完全呈直線，近表面 1/3 較直，而內 2/3 彎曲，在牙齒切緣及牙尖處的絞繞彎曲更明顯，即牙釉稜柱會相互纏繞，像打結一般複雜排列。此種結構可以增強牙釉質對咬合力的抵抗。
- Gnarled enamel 會集中在咬頭的原因是由於咬頭是咬合力量相對大的地方，為了防止牙釉質崩裂，不規則纏繞的話便能強化這個地方的構造。



國考題

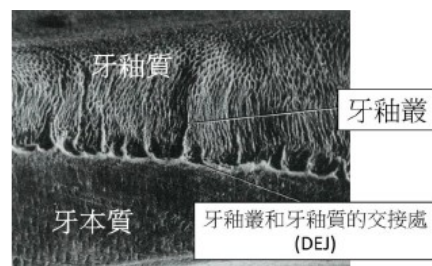
108-2-49.

曲結牙釉質 (gnarled enamel) 可發現於牙齒的何處？

- A. Cervical area
- B. Cuspal area
- C. Dentinoenamel junction
- D. Root area

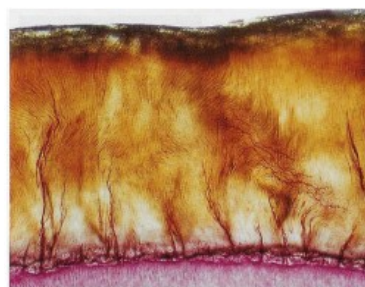
Enamel tufts，牙釉叢

- 由於其排列的關係，在牙齒的橫斷面上更容易觀察。
- 牙釉叢是從牙本質和牙釉質的交界處 (DEJ)，向牙釉質延伸出短短的距離，約在內 1/3-1/2 牙釉質處，類似樹叢、草叢或中



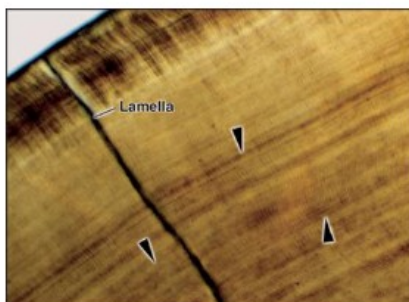
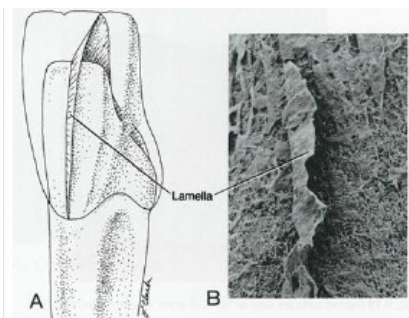
國山水畫的樹枝狀結構。

- 大約每隔 100 μm 出現在牙本質和牙釉質的交界。
- 呈現分支狀，含有比其他牙釉質較高濃度的牙釉質蛋白，但礦化程度較低。
- 牙釉叢的牙釉稜柱群突然改變方向而形成。
- 主要的功能可能是加強牙本質和牙釉質之間的強度，或是分散咬合力量來防止牙釉質或牙本質的斷裂或分離。



Enamel lamellae¹⁰，牙釉板

- 首先在 1906 年由 Bodecker 描述及命名。
- 牙釉板是一種片狀結構的缺陷，自牙釉質表面往內延伸至牙釉質不同的深度（從切端或咬頭的地方垂直往齒頸部延伸），最深可達 DEJ。在磨片中觀察呈裂隙狀結構。鈣化程度低，窄而細長，數量較牙釉叢少，在牙釉質橫斷面容易觀察到。
- 牙釉板是由鈣化不完全的牙釉稜柱片段所組成，主要是牙釉質母細胞對有機質不完全的吸收，並且在牙齒發育的過程中，受力平面因為受壓而礦化不完全所形成。其礦化程度比較低的部分，即其牙釉質蛋白成分比較高。
- 在常規磨片 (ground section) 中，有些牙釉板樣結構實際是在製作磨片過程中的人為裂隙，這在磨片脫礦後，有些裂隙消失而得到證實。



Tufts and lamellae，牙釉叢與牙釉板。

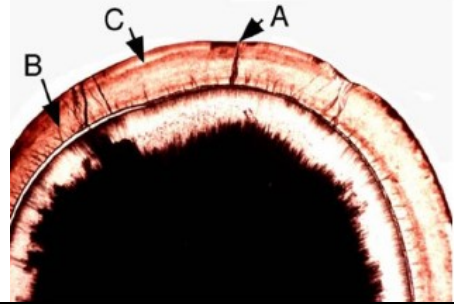
- 在磨片下最容易觀察。
- 牙釉叢和牙釉板尚未瞭解其在臨床上的意義，而且也沒有增加被細菌入侵導致齲齒的風險。不過有些學者認為牙釉板內含有較多的有機物，可能成為齲齒致病菌侵入的途徑。特別是在窩溝底部及牙齒鄰接面的牙釉板，被認為是齲齒發展的可利通道¹¹。但絕大多數的牙釉板是無害的，而且也可以因唾液中礦物鹽的沉積而發生再礦化。（問題與思考：請問右下圖所標示的三種結構有什麼共同特徵？）

¹⁰lamella：板，lamellae 是複數；其它相似如 mucosa：黏膜，mucosae 是複數。

¹¹Walker et al., Enamel cracks. The role of enamel lamellae in caries initiation. *Australian Dental Journal*, 1998; 43(2): 110-116.

- 兩者結構相似，但延伸的方向不同，牙釉板 (A) 是從牙齒的表面延伸到 DEJ，牙釉叢 (B) 是從 DEJ 向牙齒的表面延伸。

(圖示：A: Enamel lamella；B: Enamel tuft；C: Neonatal line)



國考題

108-1-49.

在牙釉質與牙本質交界處，牙釉質內的樹叢狀結構稱為什麼？

- A. 湯姆顆粒層 (Tomes' granular layer) B. 牙釉質板 (enamel lamella)
C. 湯姆突 (Tomes' process) D. 牙釉叢 (enamel tufts)

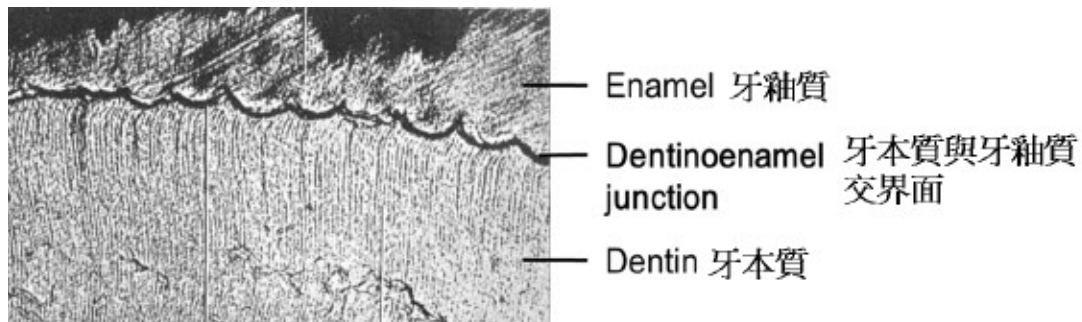
106-2-50, 96-1-47.

下列有關牙釉叢 (enamel tufts) 之敘述，何者錯誤？

- A. 可在牙釉質牙本質交界面見到 B. 形狀像長線狀有時可延伸至牙齒表面
C. 可由其形狀看出牙釉柱扭合的情況 D. 在脫鈣的牙齒可見此處蛋白質堆積

Dentino-enamel junction (DEJ，牙本質與牙釉質交界處)

- 牙本質牙釉質交界面為兩種不同礦化組織的交界面，其外形呈連續的貝殼狀或扇狀 (scallop) 而不是一條直線。此種相接增加牙釉質與牙本質的接觸面，有利於兩種組織結合得更牢固。(在口腔黏膜中也有類似的結構，出現在口腔黏膜上皮和結締組織交界處，其作用也是增加接觸的表面積，使兩種不同軟組織結合便堅固。)
- 在掃描式電子顯微鏡底下可見此處的牙釉質形成許多弧形的外突，與其相對的是牙本質表面的小凹，小凹間有突出的脊，這些脊在咬合力最大的牙尖或切緣處更明顯，在牙冠的側面則較平緩。此種交界的形態和性質可以降低牙釉質在受到咬合力時所受到的剪力 (shearing forces)。此外，也可觀察到此處的牙釉質晶體和牙本質晶體呈現混雜排列。



國考題

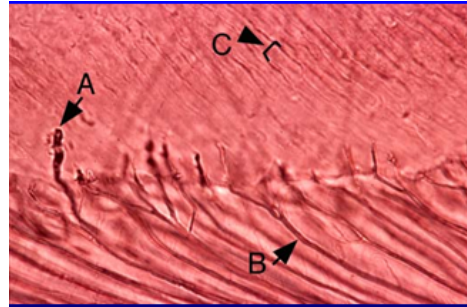
109-1-46.

人類牙本質與牙釉質的交界呈下列何種形狀？

- A. 三角形 (triangular shape) B. S 形 (S-shape)
C. 直線形 (linear shape) D. 波浪形 (scalloped shape)

Enamel spindles，牙釉梭

- 起於 DEJ 往牙釉質方向延伸的結構，形成於牙釉質發生的早期。此時牙本質母細胞的突起穿過基底膜，伸向前牙釉質母細胞 (preameloblast) 之間。牙釉質形成時，此突起即留在牙釉質內而形成牙釉梭。在磨片中，牙尖及切緣部位較其它部位多見，因為這些部位的牙本質母細胞較擁擠（空間窄而密度高）。（問題與思考：牙釉梭是屬於牙釉質或牙本質的結構？為什麼？）
- 在乾燥的牙齒磨片中，牙釉梭的有機物分解被空氣取代，在透射光下，此空隙呈現黑色。因為其方向的關係，在牙齒的縱切面比橫切面更容易觀察到。
- 其直徑約為 8 μm ，可伸入牙釉質約 25 μm 。



國考題

100-1-48.

下列有關牙釉梭 (enamel spindle) 之敘述，何者錯誤？

- A. 表示有經細胞接觸之上皮—間葉組織相互作用 B. 為造牙本質母細胞的一部分
C. 僅穿進牙釉質一小段距離 D. 進入牙釉質後即變成牙釉叢 (enamel tufts)

Clinical considerations of enamel structure

(Avery JK, *Oral Development and Histology*, 2002; p159)

Structure	Clinical relation
Enamel rod	Confers strength to the enamel Paths are important in cavity preparation
Incremental lines: Cross striations Retzius' striae Neonatal line	Banding patterns formed during illness will show up on contralateral teeth which are developing at the same time. Patterns of enamel hypoplasia on a single tooth or on one side indicate trauma or a localized rather than systemic infection
Perikymata	No real clinical significance

Clinical considerations of enamel structure (cont'd)

(Avery JK, *Oral Development and Histology*, 2002; p159)

Structure	Clinical relation
Hunter-Schreger bands	No clinical significance
Gnarled enamel	May confer some strength to the enamel
Enamel tufts	No major clinical significance, but represent areas of enamel weakness
Enamel lamellae	Represent a significant weakness in the structure of enamel and is susceptible to cracking
Enamel spindle	No major clinical significance but may confer additional permeability to the deeper layer of enamel

Enamel surface, 牙釉質表面

● 牙釉質表面

1. 未萌發牙齒 (unerupted tooth): 牙釉質表面覆蓋一層無結構化 (structureless) 表層, 稱之為 cuticle (覆膜), 在萌發之後, 會快速被刷耗 (abrasion)、咬耗 (attrition) 或因腐蝕 (erosion) 而消失。(刷耗、磨耗、腐蝕為臨床現象, 會在底下加以說明。)

2. 已萌發牙齒 (erupted tooth): 已萌發牙齒的無結構化表層被磨耗掉, 被以下東西取代:

(1) 唾液薄膜 (salivary pellicle): 為蛋白質沉積物, 在牙齒清潔後不久即出現。(Salivary pellicle 為形成牙菌斑的初始物質, 這部份在牙周病學的時候會詳細介紹, 是很重要的觀念。)

(2) 牙菌斑 (dental plaque): 形成在薄膜 (pellicle) 之後, 若不適時的去除, 則會累積愈多, 造成牙齦發炎, 久之則鈣化形成牙結石, 最終導致牙周病。

(3) 薄膜 (pellicle) 附著上牙齒後, 細菌有了養分就會開始附著生長, 然後就形成牙菌斑 (plaque), 如右圖所示。

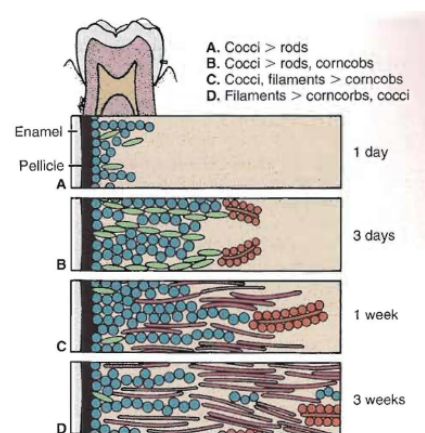


Fig. 16-10 Changes in plaque composition over a 3-week period. A, At 1 day. B, At 3 days, the cocci and a few filaments characterize the plaque. C, After 1 week, the filamentous organisms increase in number. D, By 3 weeks, the filamentous organisms predominate in the plaque. (Modified from Avery JK: *Oral development and histology*, ed 3, Stuttgart, 2002, Thieme Medical.)

● 牙釉質隨著年齡產生的變化:

1. 咬耗 (attrition): 屬於結構上的破壞, 平常吃飯、刷牙時牙齒都會有摩擦, 最明顯的就是夜間磨牙的情形。這個改變最常發生在 cusp 以及 incisal edge。

2. 顏色改變 (discoloration):

(1) 年紀越大牙齒顏色越深, 因為牙釉質表面的有機物質增加。

(2) 牙釉質被磨耗的越來越薄而顯現牙本質的顏色。

3. 年紀越大通透性越低。

4. 年紀越大牙釉質表面與口腔環境接觸越久, 故離子交換較為頻繁, 表層組成改變。

國考題

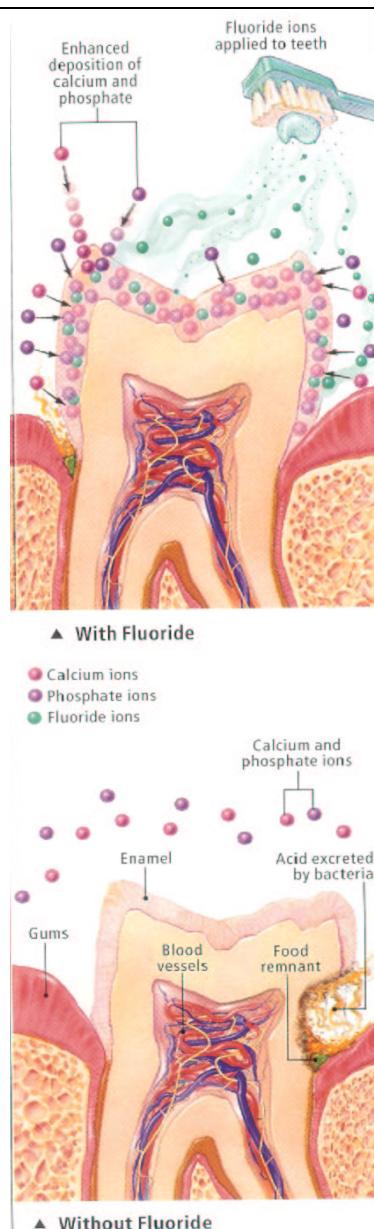
100-1-49.

隨年齡增加牙釉質的變化為何

- A. 滲透性會增加 B. 會較易齶蝕 C. 表面晶體會減小 D. 顏色會改變

Fluoridation，氟化作用

- 牙釉質有通透性且具離子交換功能，故牙膏添加氟可以改變牙釉質表面結構使其更堅固，且有些脫鈣處甚至可以再礦化。
- 主要構成牙釉質的礦物質為氫氧磷灰石 (hydroxyapatite)，由鈣、磷、氧、氫所組成的結晶體。當細菌開始分解留在牙齒之間的食物殘渣時，會分解糖類並釋放出乳酸，降低口腔中的 pH 值而使氫氧磷灰石被溶解。當溶解速度大於再礦化 (remineralization) 速度就會發生齶齒。
- 氟化物對牙齒有兩種主要影響：
 1. 氟離子可以取代一些氫氧磷灰石中的羥基形成氟化磷灰石 (fluorapatite) 結晶，此物質對於細菌分泌出來的酸有較高的抵抗性。
 2. 氟離子會催化牙齒表面的鈣和磷的沉澱而增強再礦化的作用，使牙釉質被破壞的速度減緩，藉此增加其抵抗蛀牙的能力。



- 臨床上常用氟化物來預防齲齒的發生¹²。這是因為齲齒的開始往往和牙釉質氫氧磷灰石晶體的溶解破壞有關。而氟離子進入氫氧磷灰石晶體中，置換其 HCO_3^- 和 OH^- ，使牙釉質的晶體結構變得更為穩定，進而增強牙釉質的抗齲能力。
- 加氟作用的方式：塗氟、飲水加氟、氟錠、含氟牙膏¹³、含氟漱口水。
- 氟的用量不是越多越好，因為牙釉質母細胞對於氟離子非常敏感，在牙齒發育的過程中，攝食過多的氟化物，容易造成不美觀的牙氟斑（dental fluorosis，如右圖）或稱為釉質斑症（mottled enamel），雖然它有極好的抗齲能力，但是不美觀。



國考題

104-1-49.

有關氟離子對於牙釉質的作用，下列何者正確？

- A. 增加牙齒硬度 B. 牙齒發育時，長期使用過量的氟離子會影響牙釉質的形成
C. 降低牙釉質再礦化 D. 降低牙齒抗酸蝕性

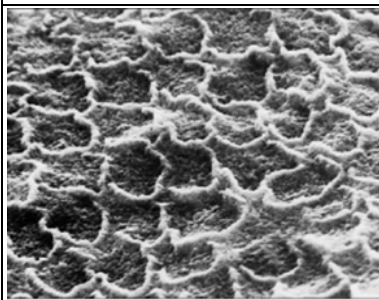
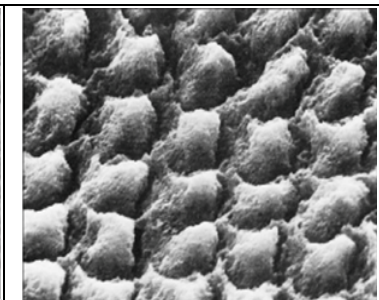
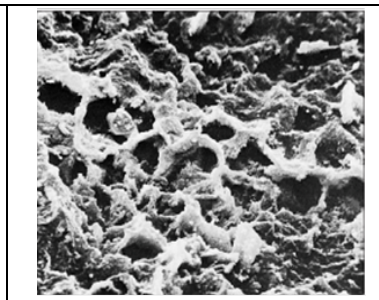
¹²氟化物抑制齲齒的機制包括：1. 抑菌作用：氟化物可能干擾細菌代謝和牙菌斑產酸的機制。而氟離子可以降低牙齒的表面能量使蛋白質及細菌不容易附著在牙齒表面。2. 初期齲齒抑制或再礦化：氟離子可以抑制在齲齒初期，牙釉質表面多孔洞白斑（white spot lesion）的窩洞化，並進行再礦化（但對於長期存在之白斑則無明顯效果），提高牙齒表面的抗酸性。3. 增加牙釉質的成熟度：剛萌發的牙齒其礦物質沈積尚未完成成熟，萌發後牙齒表面可由唾液取得離子並且進行離子交換。4. 抑制去礦化：牙齒長期暴露於低濃度的氟（0.01-10 ppm），氟離子可以與牙齒結構中氫氧磷灰石中的氫氧根交換而形成氟化磷灰石，具有較高的抗酸性與抗齲齒。當增加氟的濃度（100-10000 ppm），氫氧基磷灰石會形成氟化鈣或類氟化鈣的產物。在中性的環境下，氟化鈣較難溶解在水以及唾液環境，所以可以持續的維持存在於牙釉質表面好幾個星期，甚至幾個月。5. 促進再礦化：在牙釉質表面，氟化物可以抑制礦物質喪失，同時吸收鈣、磷，形成第二級抵抗層來重新建立結構，抵抗齲齒。

¹³根據研究指出，含氟牙膏的含氟量在 2400-2800 ppm，可降低 36%齲齒率；1000-1250 ppm 可降低 23%齲齒率；低於 550 ppm 則無顯著效果。（Walsh T, Worthington HV, Glenny AM, Appelbe P, Marinho VC, Shi X. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 2010; Jan 20; (1): CD007868.

Acid etching, 酸蝕

- 窩溝封填 (pit and fissure sealants)、樹脂填補、或是使用矯正器 (orthodontic brackets) 黏附在牙齒表面時需要利用酸蝕。其機制在於透過酸蝕使牙釉質無機磷灰石部分溶解 (選擇性的晶體溶解) 而形成多孔狀 (蜂窩狀) 的粗糙表面, 增加表面積而加強黏附力。
- 酸蝕時會移除表面牙菌斑、食物殘渣以及一層薄薄的牙釉質。
- 酸蝕所造成牙釉質表面溶解的型態與牙釉柱晶體的排列方向有關 (型態請見下圖)。因此, 在對無釉柱牙釉質, 尤其是乳牙進行酸蝕處理時, 應適當延長酸蝕時間以清除無釉柱牙釉質, 因為無釉柱牙釉質的晶體排列方向一致, 酸蝕後牙釉質表面的變化比較不理想。
- 利用 30~40%的磷酸 (phosphoric acid) 酸蝕牙釉質表面約 10 μm。(請記住酸蝕可到達的深度。)
- 固位 (retention) 的強度取決於機械性黏著 (mechanical interlocking)。

Three etching patterns of enamel: 酸蝕的型態取決於牙釉質晶體方向或不同酸蝕劑的性質。

 <p style="text-align: center; color: green;">Type I</p>	 <p style="text-align: center; color: orange;">Type II</p>	 <p style="text-align: center; color: purple;">Type III</p>
<p>Type I: 移除牙釉柱的中間。</p>	<p>Type II: 移除牙釉柱的外圍, type I 和 type II 剛好互補。</p>	<p>Type III: 不規則酸蝕。</p>

<p>Enamel crystal</p> <p>Hydroxyapatite crystal possessing hypothetical core of more soluble carbonated apatite</p> <p>Acid preferentially attacks the ends of the crystals</p> <p>Crystal is eroded along its c axis (1) and from the inside toward the edges (2)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● 牙釉質晶體的核心含有較多的碳，因此在酸蝕的時候，核心會比晶體的其他部份更容易溶解，如上圖左。 ● 酸蝕會從尾端開始進行，並沿著晶體長軸往下，也會逐漸向邊緣侵蝕，如上圖右。 	
<p>A</p> <p>B</p>	<p>酸蝕的型態很多有 doughnut 型（晶體邊緣完整），也有 hairpin 型（晶體邊緣不完整）。</p>
<p>Rod head</p> <p>Enamel crystal</p> <p>Partially dissolved enamel crystals</p> <p>Plastic resin infiltrates around and into crystals</p> <p>A</p> <p>B</p>	<p>牙釉稜柱中間的有機物質含量較多，較易被侵蝕。</p>

國考題

108-1-50.

下列有關牙釉質以酸蝕處理後的敘述，何者正確？

- A. 牙釉質表層之晶體皆受侵蝕 B. 僅柱間物（interrod）受到侵蝕
C. 僅牙釉柱（enamel rod）受到侵蝕 D. 僅鈣化較差處受到侵蝕

102-1-53.

在很多牙科臨床操作，都需要用到酸蝕（acid etching）牙釉質表面的步驟，例如使用溝隙封填劑（fissure sealant）、作為填補樹脂的黏著（bonding）、黏著矯正器（cementing of orthodontic brackets）等。酸蝕之目的在：

- A. 促進再礦化 B. 減少摩擦力 C. 降低表面張力 D. 增加固持力

Clinical considerations about enamel pathology

(Bath-Balogh M et al., *Illustrated Dental Embryology, Histology, and Anatomy*, 2011; p146)

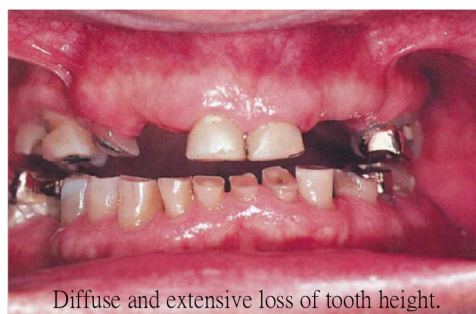
Hard Tissue Loss	
Term	Definition
Attrition	Loss through tooth-to-tooth contact (mastication or parafunction habits)
Erosion	Loss through chemical means (acid) not involving bacteria
Abrasion	Loss through friction from toothbrushing and/or toothpaste
Abfraction	Possible loss through tensile and compressive forces during tooth flexure (parafunctional habits)
Caries	Loss through chemical means (acid) from cariogenic bacteria

● Attrition，磨耗

1. 在咬合面產生的磨損。
2. 於牙尖或填補物上可能產生斷裂。
3. 牙齒的磨耗程度隨著年齡而增加，第一大臼齒的磨耗程度比第二大臼齒嚴重，第二大臼齒比第三大白齒嚴重。
4. 牙齒磨耗的結果會導致咬合高度變低、嘴唇內陷、牙髓發炎等疾病。



(Neville BW et al., *Oral and Maxillofacial Pathology*, 2009; p62)



(Neville BW et al., *Color Atlas of Clinical Oral Pathology*, 2003; p47)

● Erosion

1. 牙釉質產生寬廣的凹陷 (concavities)。
2. 凹陷的咬合面，嚴重時會導致牙本質暴露。
3. 若咬合面有銀粉填補物，可見此填補物有隆起的現象，起因於填補物周圍的牙釉質因腐蝕的破壞，導致結構喪失產生凹陷。
4. 可見於經常攝食碳酸飲料、嗜食酸性食物、有反芻習慣及患有胃食道逆流的病人。



Concave dentin depressions surrounded by elevated rims of enamel

(Neville BW et al., *Oral and Maxillofacial Pathology*, 2009; p63)



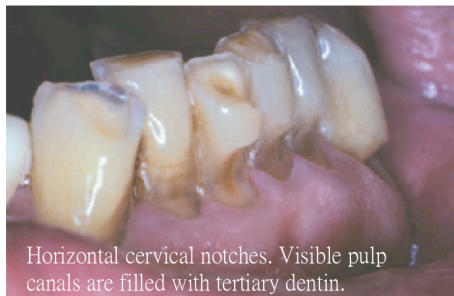
Erosion related to acid in soft drinks

(Regezi JA et al., *Oral Pathology Clinical Pathologic correlations*, 2012; p378)

● Abrasion

刷耗

1. 通常位於齒頸部區域。
2. 病變處寬度寬但深度不一定深。



Horizontal cervical notches. Visible pulp canals are filled with tertiary dentin.

(Neville BW et al., *Oral and Maxillofacial Pathology*, 2009; p62)



(Neville BW et al., *Color Atlas of Clinical Oral Pathology*, 2003; p49)

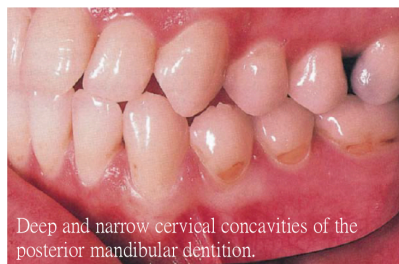
● Abfraction

1. 影響牙齒表面及舌側頸部區域。
2. 深而窄的 V 形缺口。
3. 通常會影響單顆牙齒會有咬合負載。



Deep and narrow enamel cervical defects on the facial surface of dentition.

(Neville BW et al., *Oral and Maxillofacial Pathology*, 2009; p64)



Deep and narrow cervical concavities of the posterior mandibular dentition.

(Neville BW et al., *Color Atlas of Clinical Oral Pathology*, 2003; p47)

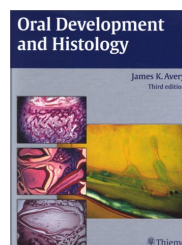
學習評量

1. 請敘述 ameloblast 的分化過程。它如何影響牙釉質與牙本質的形成？
2. 請敘述 ameloblast 發育過程中，其細胞型態的變化與功能之間的關係。
3. 請解釋 Tomes' process？請敘述 Tomes' process 與 enamel rod/interrod 之間的關係。
4. 牙釉質的生長線有那些？外觀有什麼特色？它們的形成代表什麼意義？
5. 牙釉質與牙本質交界處的形態有什麼特點？有什麼臨床意義？
6. 請解釋 reduced enamel epithelium。它是如何形成的？有什麼臨床意義？
7. 請解釋 perikymata。其產生的原因為何？是否在任何年齡的牙冠表面都能觀察到？為什麼？
8. 請解釋 Hunter-Schreger band。其產生的原因為何？
9. 請解釋 gnarled enamel。常出現在牙冠的什麼部位？有什麼臨床意義？
10. 牙釉質的那些結構必須在牙齒磨片中才能觀察到？它們會出現在牙釉質的那些地方？請描述這些結構的主要特徵。對臨床有什麼影響？
11. 請解釋為什麼塗氟可以增加牙齒抵抗齲齒的能力？
12. 牙釉質的硬組織缺損有那些？對於牙齒的外觀有什麼影響？

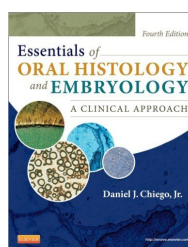
參考資料簡介

1. Nanci A. Ten Cate's Oral Histology. Development, Structure, and Function, 2018, 第 9 版。此書為國考用書，講義與簡報內容主要來自本書。

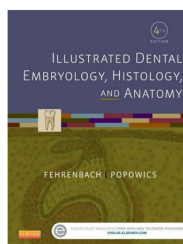
2. Avery JK. Oral Development and Histology, 2002, 第 3 版。這本書有許多精美而詳細的圖片，課程內容採用部份內容與圖片。本書在每一章的最後都有「Self-Evaluation Review」可幫助複習。可惜的是，作者已於 2011 年 4 月過世，目前已無新版。



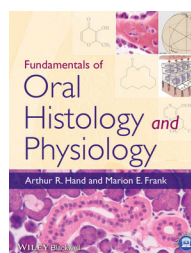
3. Chiego DJ Jr. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach, 2014, 第 4 版。如同它的書名，這本書介紹許多臨床的應用，是一本結合基礎與臨床的好書。它除了有 Avery 那本書精彩的、精美的圖片（Avery 是此書第三版的共同作者）之外，在每介紹一個結構之後，幾乎都會出現一個「clinical comment」的框框，告訴你這個結構和臨床有什麼關係，有時還會有臨床思考題（consider the patient）結合病例的思考。本書每一章最後有自我評量問答題，提供同學們複習指引。本書色彩鮮明、段落分明、圖片精美、內容簡潔扼要，非常推薦給同學的自學參考書。



4. Fehrenbach MJ, Popowics T. Illustrated Dental Embryology, Histology, and Anatomy, 2016, 第 4 版。本課程採用此書的整理表格及少部份精美圖片。本書最大的優點在於它除了介紹組織特性之外，還會提出詳細的臨床應用（例如：clinical considerations for dental procedures involving enamel）。

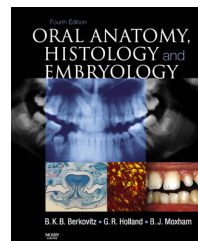


5. Hand AR, Frank ME. Fundamentals of Oral Histology and Physiology. 2014。Fundamentals 系列的口腔醫學相關書籍，相信大家都有接觸過，這應該是它第一本有關口腔組織學的书，同時也講了一些生理方面的知識，內容範圍較廣且深。

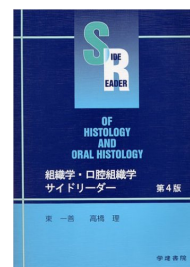


精美的圖片較少，大部分是文字描述。這本書的優點在於每一章節的每一個重要觀念講完之後，會有一個總結歸納的框框，可以當作複習，也可以當作各章節總結歸納的參考。這本書在每一章最後都有詞彙表 (glossary)，可幫助同學複習。「單字遊戲」的題目，部份參考本書的詞彙表。

6. Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ. Oral Anatomy, Histology and Embryology, 2009, 第4版。本書內容較深，較適合研究所以以上程度研讀。本課程採用少量書中的圖片與表格，例如在牙周韌帶不同區域血管含量的分佈比例等。



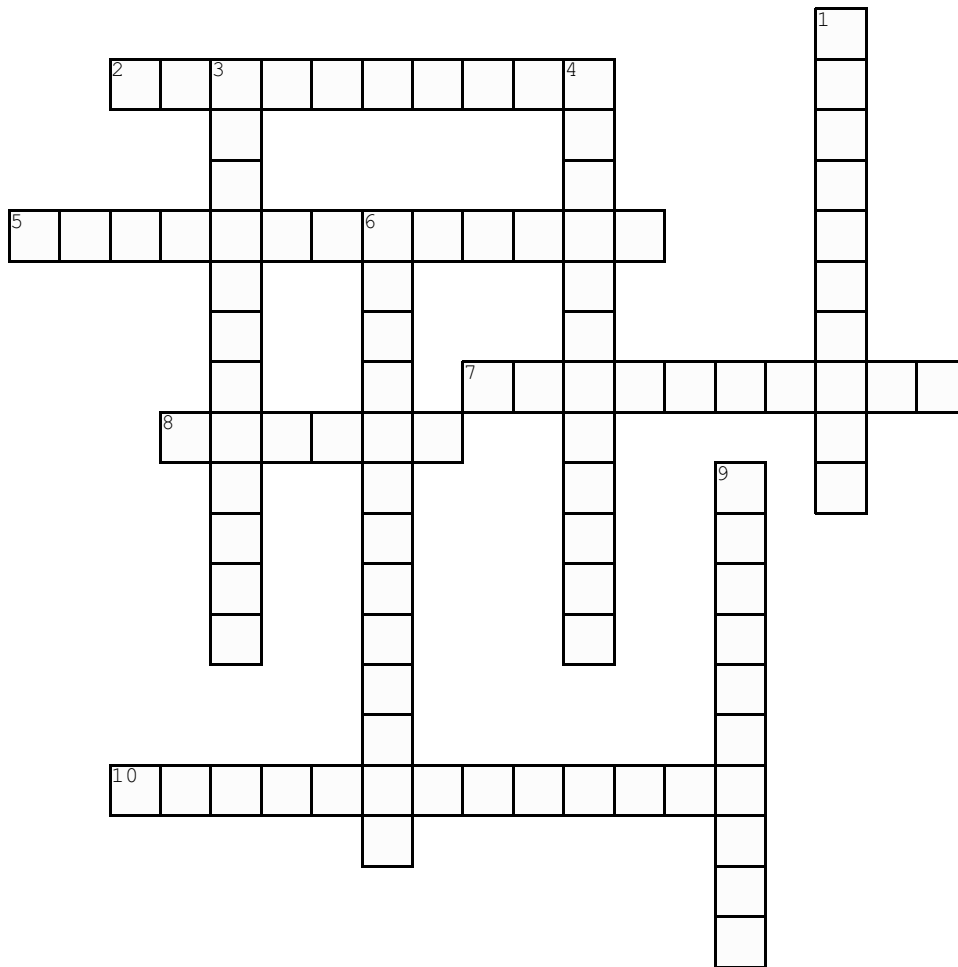
7. 東一善，高橋理。Side Reader of Histology and Oral Histology, 2009, 第4版。本課程「目次」中的「相關學科」一節參考自本書中的「關連科目」。藉由跨學科的連結方式，讓同學先認知同一個觀念會涉及到那些學科，將來學到這些學科就可以回過頭來複習講義以加深印象，加強統整不同學科之間的知識。



Name: _____

Enamel

Complete the crossword below (designed by Yu CH, CSMU)



Created with TheTeachersCorner.net [Crossword Puzzle Generator](#)

Across

- 2.** A brush or tree-like structure originating from the DEJ and extending for a short distance into enamel.
- 5.** Enamel at sites of high tooth surface curvature that in ground sections exhibits apparent twisting paths of enamel rods.
- 7.** Horizontal grooves that encircle the tooth at the intersections of striae of Retzius with the enamel surface.
- 8.** The hard, white tissue consisting of approximately 96% mineral that covers the anatomic crowns of the teeth.
- 10.** Microscopic feature present in mature enamel as short dentinal tubules near DEJ.

Down

- 1.** The enamel-forming cell that differentiates from the inner enamel epithelium of the enamel organ.
- 3.** The process of enamel formation, consisting of persecutory, secretory, transition, maturation, and protective stage.
- 4.** The elongated distal process of an ameloblast from which enamel matrix is secreted.
- 6.** A defect originating from the enamel surface that extends part way or all the way through the enamel.
- 9.** The major protein of the enamel matrix, produced by ameloblasts; constitutes approximately 90% of the organic matrix.

Enamel

Word Search (designed by Yu CH, CSMU)

I H J R R L A M E L L A I B T
 T Y M C E Q C S Y N Y Y A L P
 T D K Y G V D W T Y G T F G T
 I R L J E B S E V B A N T U Z
 K O N Y R I R C Z M V A F T V
 T X S K H H S G Y F A T T N J
 S Y A H C T R K Q M S C O U S
 E A N P S F I P U B M I X K U
 C P O P R R E U O B T L W D I
 G A I T E Y U D V I I L E J Z
 C T S P T Y P B R G H L S T T
 N I A A N O I T C A R F B A E
 H T R Y U I T N Z A V J J U R
 G E B L H A G V N Y Y Q F U B
 B P A J F H P G N Z O M M O O

gnarled

attrition

hydroxyapatite

lamella

hunterschreger

abrasion

perikymata

retzius

abfraction

tuft

從小保護牙 老來不缺牙



2要

2不

要：餐後睡前要刷牙，一天至少刷兩次

要：要使用含氟牙膏、含氟漱口水、每半年接受牙醫師塗氟及口腔檢查

不：不要吃甜食及含糖飲料

不：不要與其他人共用餐具或吹涼食物（避免口水互相接觸）

保護牙齒5部曲

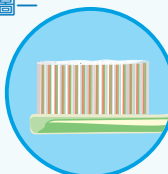
1 長牙就要立即看牙 (定期看牙醫)

- ▶ 長牙就可以每6個月至牙醫院所口腔檢查

2 正確潔牙

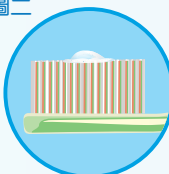
- ▶ 1天至少要2次(睡前那次最重要)
- ▶ 餐後及睡前都要使用含氟牙膏潔牙(含牙線及刷牙)
- ▶ 年齡有別的潔牙技巧與父母協助潔牙的方式，如表一：
- ▶ 0-3歲與3歲以上含氟牙膏的使用量，如下圖一與圖二：

圖一



0-3歲含氟牙膏
使用量為少於薄
薄一層或小於米
粒大小
(約0.1g牙膏量)

圖二



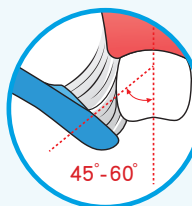
3歲以上含氟牙膏
使用量為豌豆大
(約0.25g牙膏量)

表一

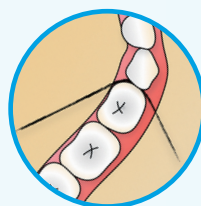
年齡	刷牙方式	父母(家長)協助潔牙的方式	搭配
0-3歲	水平來回刷	家長負責潔牙(紗棉布/牙刷)	● 使用牙線(棒) ● 含氟牙膏(如圖一) ● 塗氟
3-6歲	水平來回刷	小朋友刷1遍，家長再完整刷1遍	● 使用牙線(棒) ● 含氟牙膏(如圖二) ● 塗氟
6-9歲	學習貝氏刷牙法	小朋友刷1遍，家長加強重點(恆牙大臼齒及門齒)	● 使用牙線(請家長協助) ● 含氟牙膏(1000ppm以上) ● 含氟漱口水 ● 窩溝封劑
9-18歲	貝氏刷牙法	小朋友自己刷，家長監督	● 使用牙線 ● 含氟牙膏(1000ppm以上) ● 含氟漱口水 ● 窩溝封劑

貝式刷牙法：

- ▶ 使用軟毛牙刷
- ▶ 牙刷與齒面呈現45°~60°(如圖三)，涵蓋一點點牙齦。
- ▶ 兩顆兩顆來回刷



圖三：
牙刷與齒面呈現
45°-60°



圖四：
將牙線拉成
C字形

牙線使用：

使用方式	清潔方式
1. 取45公分牙線 2. 將牙線兩端輕輕繞於雙手中指(不可過緊使手指充血)。 3. 雙手中指、無名指及小指握住牙線，雙手翻轉並將牙線拉緊，各以食指與拇指穩住牙線，中間露出約1-2公分。 4. 以雙手拇指與食指來操作牙線進行清潔。	1. 牙線緊貼著牙齒鄰接面。 2. 拉成「C」字形(如圖四)。 3. 短距離上下刮 4. 清潔乾淨時會發出「嘎吱」的聲音。

3 均衡飲食習慣

- ▶ 不要吃甜食及含糖飲料、多漱口、不要與其他人共用餐具或吹涼食物(避免口水互相接觸)



本方案由衛生福利部運用菸品健康福利捐支應
社團法人中華民國牙醫師公會全國聯合會製作
TEL: 02-2500-0133 / 網址: www.cda.org.tw

廣告

印製時間：106年11月

4 氟化物的使用

使用方式	清潔方式
含氟牙膏	使用 1000ppm 以上之含氟牙膏及搭配正確的潔牙方式，能有效預防齲齒的發生。
專業塗氟	在牙齒面上塗氟化物，以保護牙齒。
含氟漱口水	含氟漱口水正確使用方式：要上上、下下、左左、右右充分漱動 1 分鐘，漱後 30 分鐘內不進食（含喝水、漱口等）。
氟錠	於牙齒發育的年齡（0-13 歲）給予適量的氟錠，必須遵照牙醫師建議使用。
氟鹽	衛生福利部推動以食鹽加氟的方式結合飲食來預防齲齒的發生，消費者可以自行選購。

● 小叮嚀：氟錠氟鹽不可同時使用。

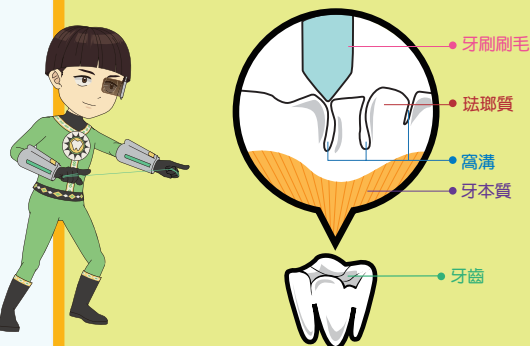
5 窩溝封填

- ▶ 窩溝封填：在牙齒咬合面溝隙使用窩溝封劑，以保護臼齒
- ▶ 認識窩溝封填防齲：

什麼是窩溝？

窩溝是指臼齒咬合面上凹凸不平的部分，如下圖：

..... 臼齒咬合面放大示意圖



為什麼要做窩溝封填？

在臼齒咬合面上，有許多比牙刷刷毛還細小且不易清潔的窩溝，即使使用牙線或再細的牙刷刷毛仔細刷牙，也無法清潔，容易堆積食物殘渣和細菌，可能造成蛀牙

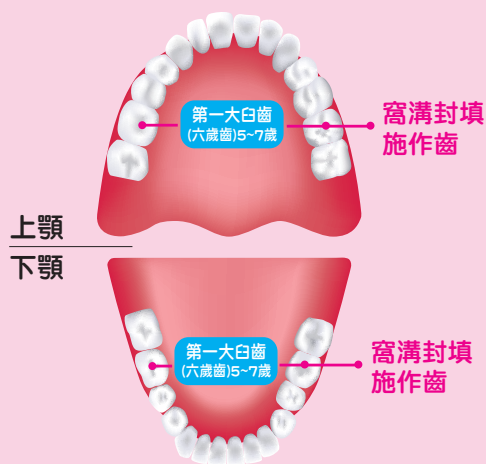
窩溝封填是用來保護牙齒表面上的微小裂溝隙，因為封填後，窩溝封劑形成保護膜，將食物殘渣和細菌阻擋在外，使牙齒更容易清潔且不易蛀牙

如何封填？

窩溝封劑是一種特殊的牙科材料，有很好的流動性，可進入牙齒微小溝隙中，與牙齒緊密結合達到很好的封填效果。牙醫師會清潔及擦乾要封填的牙齒，再塗上窩溝封劑，等它硬化就行囉！建議封填後 6-12 個月回診，讓牙醫師進行評估檢查

窩溝封填的時機

小朋友的恆牙大多約在 5-7 歲時開始萌出，首先萌出的是第一大臼齒（如下圖所示）

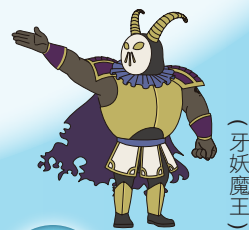
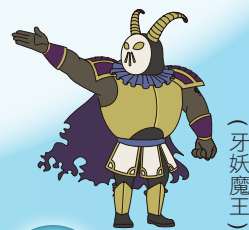


- 目前全面補助民國 103 年 9 月以後入學之國小一、二年級學童施作恆牙第一大臼齒窩溝封填
- 補助方法：持健保卡到健保特約院所

恆牙牙齒掉了怎麼辦？（緊急處理黃金時間為 60 分鐘，愈快處理，再植回口中成功率愈高）

1. 儘快找到脫落的牙齒，用手指夾住牙齒的牙冠部分撿起。
 2. 如果掉出的牙齒上沾有沙土，在水龍頭下輕輕沖洗，水龍頭的水量要小，讓水緩緩流出。
 3. 沖洗後保持在濕潤狀況下，如放置於牛奶、生理食鹽水或含於口中等。
 4. 馬上到牙科院所治療。
- 如果脫落的牙齒是乳牙時，則不需保留乳牙。

氟化物防齲諮詢專線 0800-555-086



廣告