

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	Cementum
Owner	

中山醫學大學牙醫學系 級

目次

1. Overview of cementum.....	02
2. 牙骨質生成 (Cementogenesis).....	03
3. 調節牙骨質生成的分子.....	07
4. 牙根形成的變異.....	09
5. 牙骨質的功能.....	12
6. 牙骨質結構的特色.....	12
7. 牙骨質與骨組織的比較.....	13
8. 牙骨質的生化組成.....	13
9. 牙骨質的分類.....	14
10. 牙骨質分類整理.....	19
11. 牙骨質牙釉質交界 (CEJ).....	22
12. 牙骨質附著到牙本質的方式.....	23
13. 牙骨質表面特徵.....	23
14. 牙骨質的生長線 (Incremental lines of cementum).....	24
15. 形成牙骨質的細胞 (Cementum forming cells).....	24
16. 牙骨質的老化.....	26
17. 牙骨質結石 (Cementicle).....	26
18. 牙骨質增生 (hypercementosis).....	26
19. 牙骨質發育不全 (Cementum hypoplasia).....	27
20. 學習評量.....	28
21. Crossword.....	29
22. Word Search.....	30

相關學科

1. 口腔病理學 (牙齒形態變異、齒源性腫瘤等)	(牙三) 9, 11, 26, 27
2. 根管治療學 (側根管、根尖成形術等)	(牙四) 9-11
3. 牙周病學 (牙骨質再生等)	(牙四)
4. 老人牙醫學 (牙骨質的增齡變化)	(牙五) 26

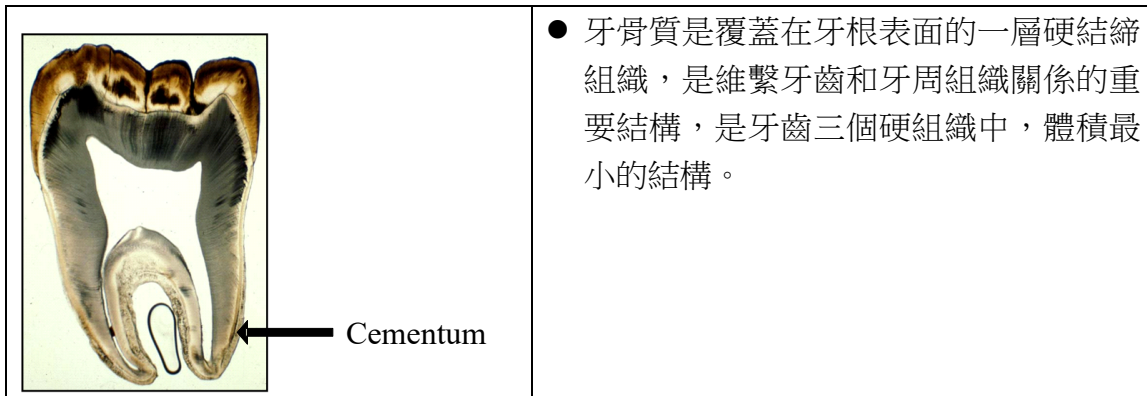
Overview of cementum

(Chiego DJ. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach. 2014, Chapter 10, p128.)

Cementum, which is the focus of this chapter, has two major functions. It seals the tubules of root dentin and serves as an attachment for periodontal fibers to keep the tooth in its socket. Cementum has the ability to reverse root resorption by means of deposition as it forms a smooth patch on the cemental surface.

Two types of hard tissue cover tooth roots. The first, called **intermediate cementum**, is a homogenous layer originating from inner epithelial root sheath cells. The second, called **cellular-acellular cementum**, is a thicker deposit of a bone-like substance produced by cemenoblasts that differentiate from the periodontal ligament fibroblasts. The latter is laid down in increments, usually an acellular layer followed by a cellular layer. Cementum simulates bone by displaying cells within lacunae and cell processes within canaliculi. Cementum also exhibits incremental lines but does not have a vascular and neural supply that is characteristic of bone. As a result, the cementum has unique characteristics, such as lack of neural sensitivity and a greater ability than bone to resist resorption. Both are important clinical features. Aging cementum exhibits a rough and irregular surface caused by resorption of the cemental surface. This cementum also is associated with free, attached, or embedded cementicles. These oval to round stones are similar to the denticles in pulp. They are calcified bodies that may be embedded, attached to cementum, or free in the periodontal ligament.

Cementum

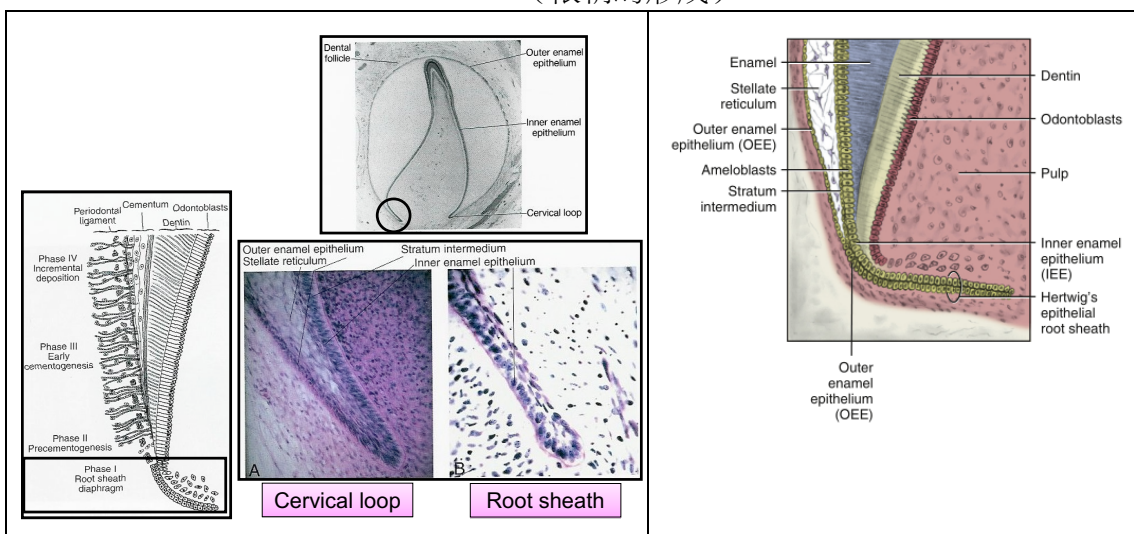


- 牙骨質是覆蓋在牙根表面的一層硬結締組織，是維繫牙齒和牙周組織關係的重要結構，是牙齒三個硬組織中，體積最小的結構。

Cementogenesis，牙骨質生成

- 上皮細胞（Hertwig's epithelial root sheath, HERS）和間葉細胞（dental follicle 的間葉細胞）相互作用所形成。（問題與思考：這裡的相互作用的概念和牙釉質生成過程中的相互誘導概念不同，在瞭解以下所介紹的牙骨質生成之後，請比較兩者的差異。）
- 在人的一生中，牙骨質會不斷地生成。
- Cementogenesis 四個時期。

1. Phase I: formation of root sheath（根鞘的形成）



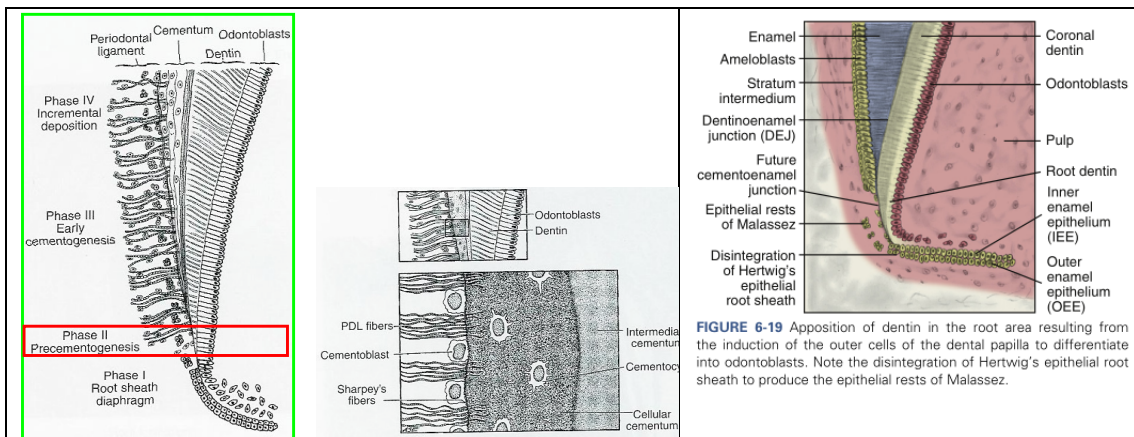
- 此時牙齒的外型大致上已經決定（問題與思考：請問為什麼這時候牙齒的外型大致上已經決定？），如右上圖，可能是單一 cusp 的牙齒。
- 此階段會形成 root sheath，如右下圖，可見 IEE 及 OEE 交界的轉角處形成 cervical loop（頸環），此處的細胞會增生，並朝向未來根尖孔的方向生長。這些增生的上皮逐漸呈現雙層細胞的結構，其中沒有中間層和星形網狀層 (bilayer) 的細胞，這雙層細胞的構造稱為上皮根鞘 (root sheath)，或稱為 Hertwig's epithelial root sheath (HERS，赫威氏上皮根鞘)。其內側面包圍著

dentinal papilla 的細胞，外側則被 dental follicle 的細胞所包圍。

- 最初形成的上皮根鞘繼續生長，向牙髓方向 (bends upward) 呈 45 度彎曲形成盤狀結構 (disc-like structure) 稱為上皮橫膈 (epithelial diaphragm)。(這裡有三個結構，要注意它的構造、外觀、顯微結構：cervical loop、root sheath、epithelial diaphragm。)
- 被上皮根鞘包進去的牙乳頭細胞，即內側的 dental papilla 細胞向根尖增生，其外層細胞與上皮細胞基底膜接觸，分化變成 odontoblast，進而形成牙根部的牙本質。

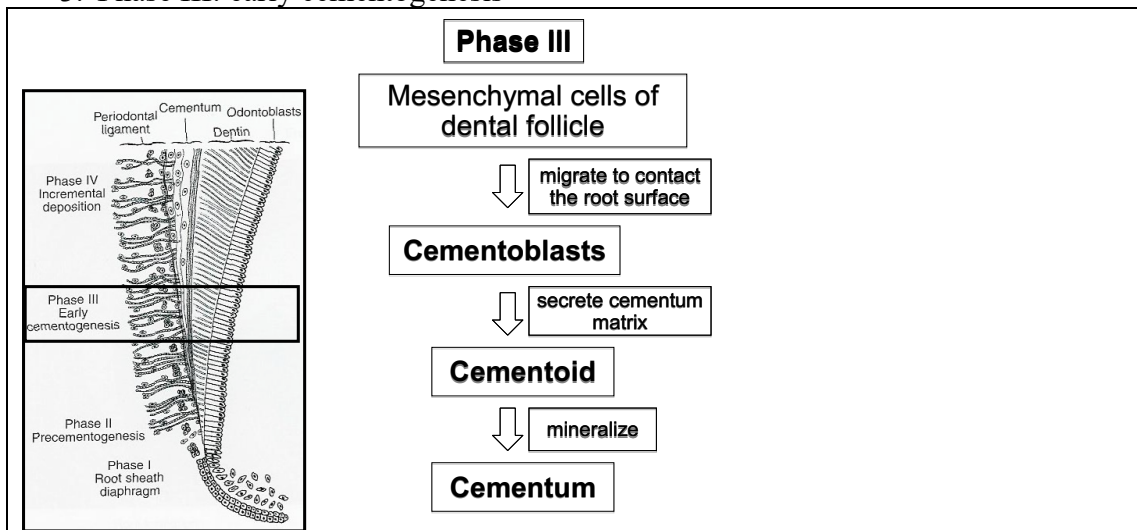
2. Phase II: precementogenesis

- (1) 中間牙骨質沉積(由 HERS 的細胞產生)。
- (2) 當完成中間牙骨質的沉積後，sheath 的細胞會變成 cell rest。



- 左圖顯示， pulp 的最外層為 odontoblast。Odontoblast 會分泌產生 dentin，dentin 的外圍是 cementum。
- 中間圖顯示 Sharpey's fiber 是指伸入 cementum 的 PDL fiber。
 1. Cementoblast 位在 cementum 外側。
 2. Cementocyte 位在鈣化的 cementum 內，跟 bone 一樣，osteoblast 被包進鈣化的骨頭內，稱為 osteocyte。
- 此階段 root sheath 已經完成。HERS 的內層細胞誘導附近的 dental papilla 的間葉細胞分化出 odontoblast。當第一層，即最早形成的 dentin 開始鈣化時，HERS 內層的細胞會在這新生成的 dentin 上分泌並形成一層蛋白質稱為 intermediate cementum。接著 HERS 的細胞會逐漸脫離剛形成的牙根表面向 dental follicle 的方向移動。
- Intermediate cementum 是一層無定形的非膠原纖維物質，不含 odontoblast process 或 cementocyte。礦化程度比鄰近的牙本質及牙骨質高。其可能的功能為封閉敏感的牙根牙本質表面。

3. Phase III: early cementogenesis



- 在牙根表面的 HERS 斷裂形成網狀之後，dental follicle 的細胞會穿過根鞘上皮進入新形成的牙根表面，並分化為 cementoblast。
- Cementoblast 會分泌 cementum matrix 形成 cementoid，接著 cementoid 鈣化產生 cementum。此時所形成的牙骨質稱為原發性牙骨質或無細胞牙骨質。
- 牙骨質基質礦化方式與牙本質類似，氫氧磷灰石晶體通過基質小泡擴散使膠原纖維礦化。

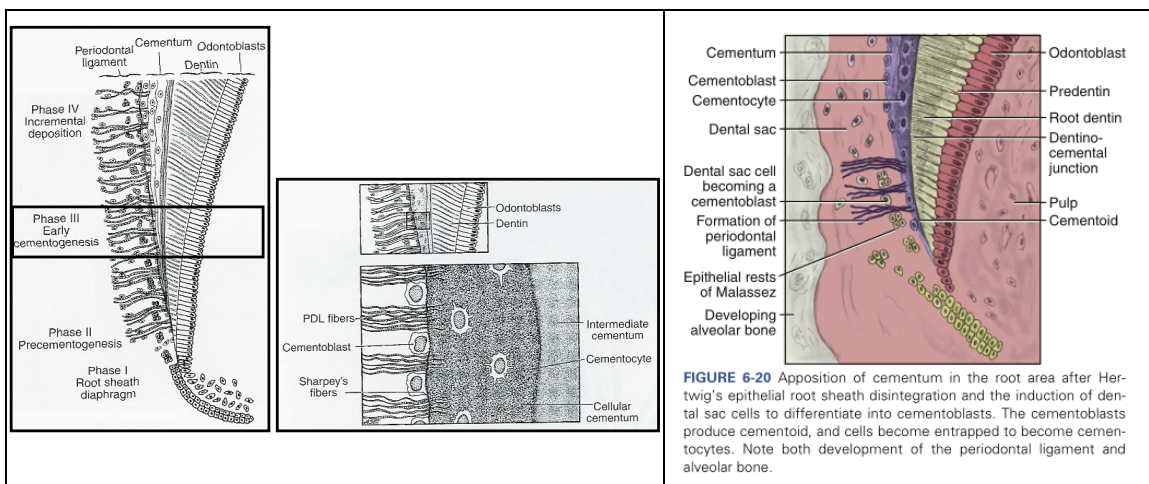
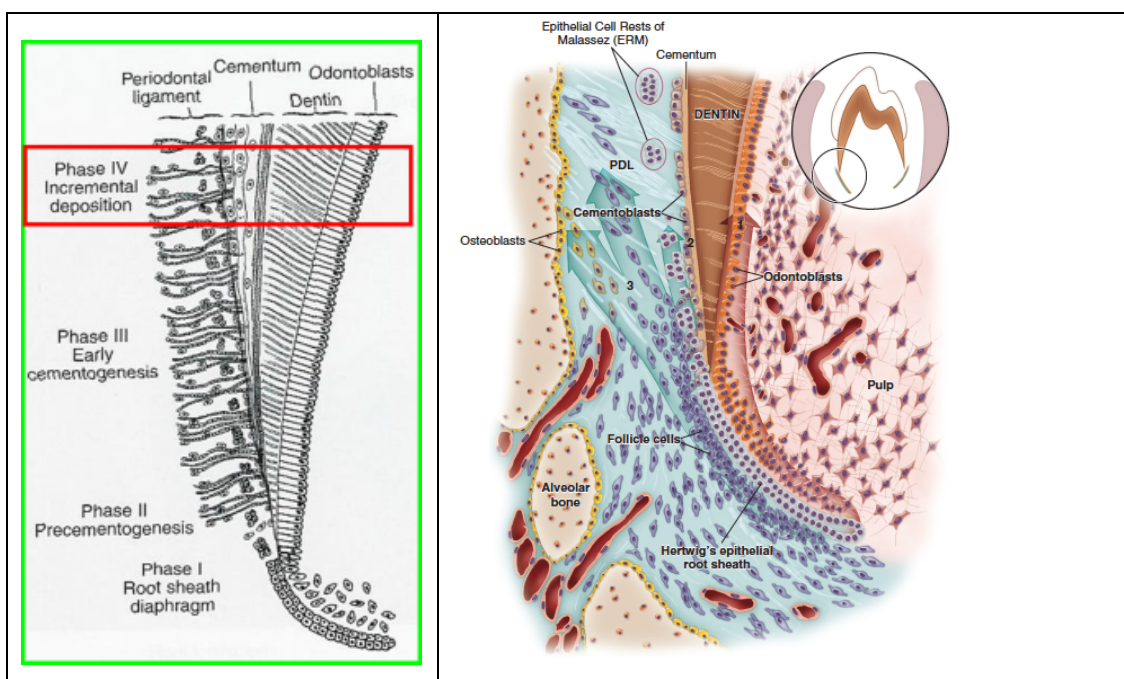


FIGURE 6-20 Apposition of cementum in the root area after Hertwig's epithelial root sheath disintegration and the induction of dental sac cells to differentiate into cementoblasts. The cementoblasts produce cementoid, and cells become entrapped to become cementocytes. Note both development of the periodontal ligament and alveolar bone.

- 在此階段同時，cementoblast 也會在 PDL fibers 的周圍分泌有機基質，將 PDL fibers 埋在有機基質當中，這些在 cementum 內的 PDL fibers 稱為 Sharpey's fibers，這種纖維屬於穿透性纖維 (perforating fiber)，藉由這種結構，PDL 可以將牙齒拉住，配合齒槽骨的 Sharpey's fibers 將牙齒固定在齒槽骨內。

4. Phase IV: Incremental deposition



- Cementum 持續製造與沈積。
- 上皮根鞘斷裂後，剩餘的上皮細胞進一步離開牙根表面，並保留在發育的 PDL 中。

● HERS的命運

1. Cell rests of Malassez：HERS 細胞形成 intermediate cementum 後就會開始離開 root surface 跑到 PDL 裡面形成 cell rests¹。
2. Entrapped in cellular cementum：沒有脫 root surface 的細胞則被包埋於 cementum 內。

國考題

106-1-57.

下列關於赫威氏上皮根鞘（Hertwig's epithelial root sheath）的敘述，何者錯誤？

- A. 赫威氏上皮根鞘只來自於內牙釉上皮
- B. 可分泌一些牙釉質相關蛋白
- C. 赫威氏上皮根鞘斷續之後，最終才有牙骨質出現
- D. 成熟的牙周韌帶中具有赫威氏上皮根鞘的遺跡

105-2-51.

¹這些 cell rests 在一般情形下不會有太多的變化，但如果受到刺激可能會增生而形成顎骨內的囊腫或腫瘤，這些病變被稱為「齒源性囊腫 (odontogenic cyst)」或「齒源性腫瘤 (odontogenic tumor)」。被稱為「齒源性」的原因在於這些腫瘤細胞的來源是齒源性（牙胚）上皮。這部份在牙三口腔病理學會學到，而且是在口腔病理學中是非常重要的主題。

下列有關牙根牙本質 (root dentin) 之敘述，何者錯誤？

- A. 與冠部牙本質之構造組成不同
- B. 與繼生牙本質之構造組成相同
- C. 所含之 phosphoryn 較冠部牙本質少
- D. 形成速率較冠部牙本質慢

102-1-59.

下列何者是造牙骨質細胞 (cementoblast) 之最主要來源？

- A. 牙釉器官 (enamel organ)
- B. 牙乳頭 (dental papilla)
- C. 齒濾泡 (dental follicle)
- D. 赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath)

100-2-49.

下列何者與牙根牙本質形成有關？

- A. 造釉母細胞 (ameloblasts)
- B. 赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath)
- C. 星型網狀細胞 (stellate reticular cells)
- D. 齒囊 (dental sac)

100-1-53, 97-2-53.

下列關於牙根牙本質形成的敘述，何者正確？

- A. 馬拉塞氏殘留體 (epithelial cell rests of Malassez) 能促使牙冠造牙本質母細胞分化
- B. 牙根牙本質的結構和組成與牙冠牙本質相同
- C. 牙本質磷蛋白 (dentin phosphoryn) 於牙根牙本質的含量低於牙冠牙本質
- D. 牙根牙本質的礦化程度高於牙冠牙本質

99-2-58.

下列何者不是由齒濾泡 (dental follicle) 發育而成？

- A. 牙本質
- B. 牙骨質
- C. 牙周韌帶
- D. 齒槽骨

98-2-49.

下列何者與牙根的形成無關？

- A. 赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath)
- B. 齒濾泡 (dental follicle) 細胞
- C. 退化性牙釉上皮 (reduced enamel epithelium)
- D. 上皮隔膜 (epithelial diaphragm)

● 調節牙骨質生成的分子

1. 骨成形蛋白 (bone morphogenetic proteins, BMP)：主要功能是促進細胞的分化、發育中或修復中牙骨質生成。
2. 上皮因子 (epithelial factors)：在牙骨質生成過程中，參與上皮與間葉細胞

間的交互作用。

3. 基質蛋白與細胞黏連分子

- (1) 在新生成的牙根上黏附特定細胞。
- (2) 骨涎蛋白 (bone sialoprotein)：促進礦化。
- (3) 骨橋蛋白 (osteopontin)：調控晶體的生長。

4. Gla proteins²

- (1) 骨醣蛋白 (bone Gla protein, osteocalcin)：成骨細胞、牙本質母細胞和牙骨質母細胞（與礦化作用有關的細胞）成熟的指標。功能為調控礦化程度。
- (2) 基質醣蛋白 (matrix Gla protein)：限制礦化、維持牙周韌帶的寬度和預防異位性鈣化 (ectopic calcification)。

5. 其他因素：膠原蛋白 (type I, III, XII)、轉錄因子 (Runx-2)³、鹼性磷酸酶、生長因子 (IGF, TGF β , PDGF)、金屬蛋白酶和蛋白醣等。

國考題

101-1-55.

下列何者屬於黏著分子 (adhesion molecule)，並具 arginine-glycine-aspartic acid 的特殊序列？

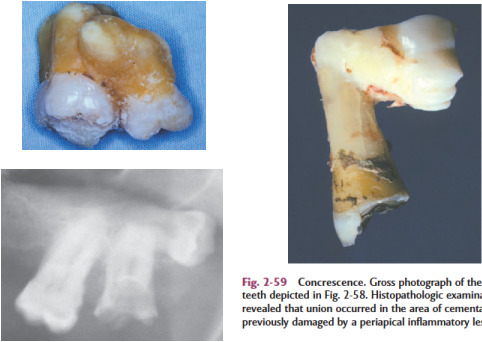
- A. osteonectin B. bone morphogenetic protein-2 C. osteopontin D. osteocalcin

²Gla proteins contain gaba-carboxylglutamic acid (Gla), a calcium-binding amino acid that may facilitate interactions with hydroxyapatite.

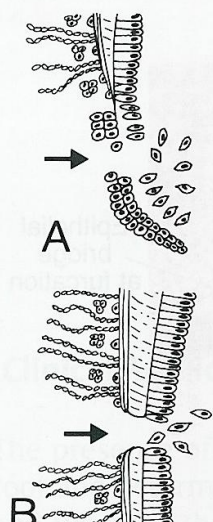
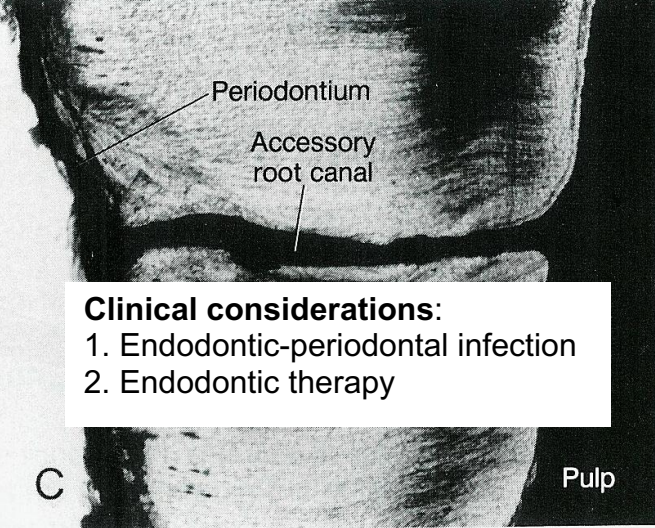
³Runx-2: runt-related transcription factor 2.

● 牙根形成的變異

1. 連合齒 (concrecence)

 <p>Fig. 2-59 Concrecence. Gross photograph of the same teeth depicted in Fig. 2-58. Histopathologic examination revealed that union occurred in the area of cemental repair previously damaged by a periapical inflammatory lesion.</p>	<ul style="list-style-type: none">● 形成原因：<ol style="list-style-type: none">1. 發育時兩顆牙靠很近，牙骨質發生連合。2. 由於外傷 (traumatic injury)，造成相鄰兩顆牙齒在牙骨質發育過程中產生連合。● 只有牙根相連。● 多發生於上顎恆白齒。
---	---

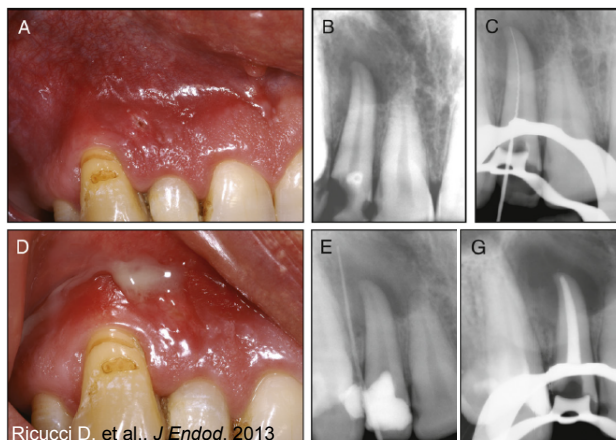
2. 有些牙齒具有副根管 (accessory root canal)，或稱為側根管 (lateral root canal)，常見於根尖 1/3 處。

 <p>A</p> <p>B</p>	 <p>Periodontium</p> <p>Accessory root canal</p> <p>Pulp</p> <p>Clinical considerations:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Endodontic-periodontal infection2. Endodontic therapy
--	--

- 形成側根管的原因：(如圖 A 與圖 B)
 1. 牙根牙本質形成前，上皮根鞘的連續性受到破壞。
 2. 上皮細胞的缺損 → Odontoblast 無法分化 → Dentin 無法生成 → 形成 accessory canal。
- 圖 C 顯示側根管。若牙根存在側根管，在根管治療時，會無法清除到這些微細的根管，造成細菌與感染源持續存在，而導致根管治療失敗。因此，有時根管治療失敗的病例，會採取根尖切除術來移除根尖約 3 mm 的長度，主要是去除在根尖的微細根管。

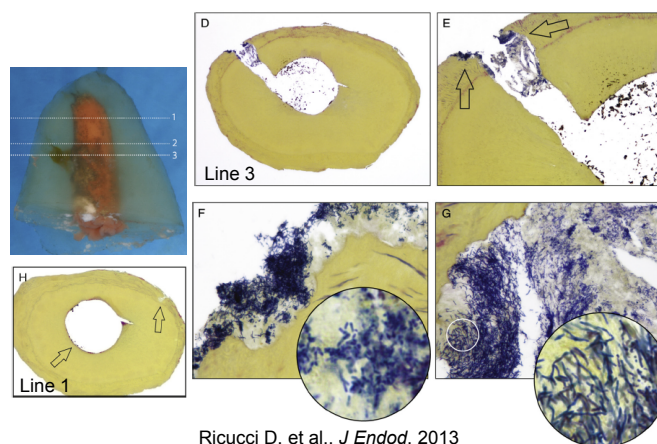
在此舉一篇期刊論文來說明根管治療失敗的牙齒接受根尖切除術後得到改善：

Root formation anomalies - lateral root canal



(A) A sinus tract was present on the buccal gingiva between the maxillary lateral incisor and the canine. (B) Diagnostic radiograph showing a large periradicular radiolucency on the lateral incisor measuring 13*14.5 mm. (C) Working length determination. (D) After 2 instrumentation sessions that were followed by calcium hydroxide placement, pus was still draining from the sinus tract. (E) After 5 instrumentation sessions and 106 days of calcium hydroxide, the sinus tract was still present. At this point, a gutta-percha cone was introduced in the sinus tract, and a radiograph was taken. (F) Cone-beam computed tomography was performed before surgery. A sagittal scan showed that a considerable amount of the maxillary bone was destroyed by the inflammatory process. (G) Radiograph taken after the canal was obturated with gutta-percha laterally compacted and sealer. After a total of 5 instrumentation sessions (overall 106 days of calcium hydroxide medication), the situation remained unchanged, with the sinus tract still present. A gutta-percha point inserted into the sinus tract pointed to the apical periodontitis lesion (Fig. 1E).

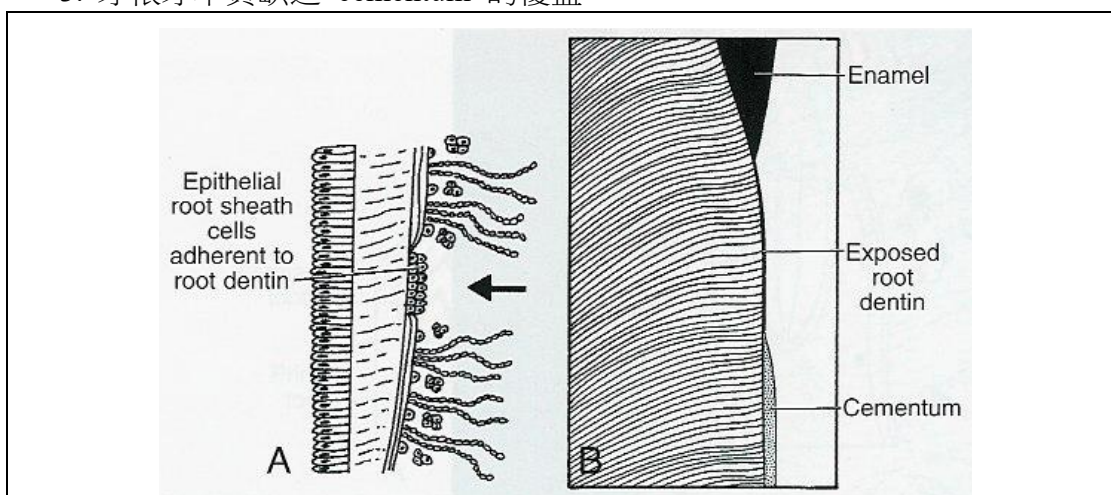
Root formation anomalies - lateral root canal



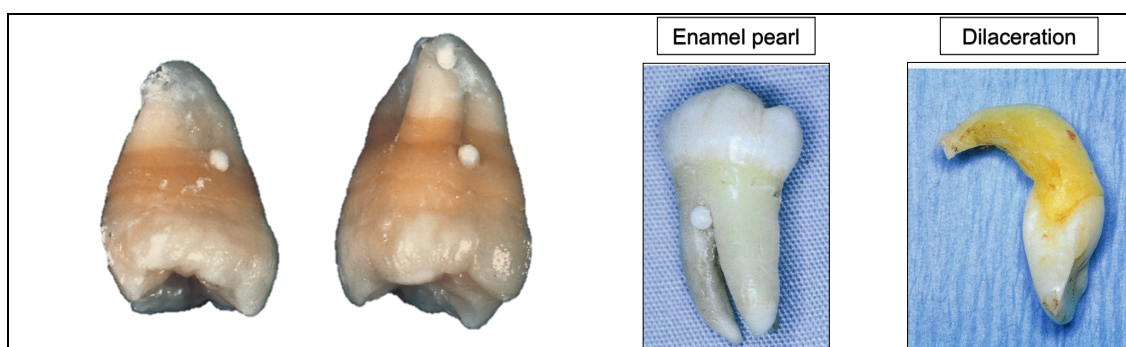
Ricucci D, et al., *J Endod*, 2013

(H) Cross-cut section taken at the level of line 1 in (D), not passing through the lateral canal. The overview shows that the root canal was well prepared, with a round shape. (D) Cross-cut section taken at the level of line 3 in Figure 2D, encompassing the entire course of the lateral canal (original magnification, 16). (E) Detail of the lateral canal in (D). The proximal half of lateral canal lumen is free of bacteria, whereas a dense bacterial biofilm can be seen in the distal half (original magnification, 100). (F) Highpower view of the area indicated by the left arrow in (E). The biofilm is already beyond the limits of the lateral canal, extending to areas of previous resorption on the external radicular profile (original magnification, 400). Inset shows high magnification from an area of the biofilm (not shown in F), depicting rods and cocci bacterial morphotypes (original magnification, 1000). (G) High-power view of the area of the lateral canal indicated by the right arrow in (E). Intertwinning branching filamentous forms dominate in this area.

3. 牙根牙本質缺乏 cementum 的覆蓋。



- 如果上皮根鞘的上皮在適當的時間 (proper time) 沒有發生斷裂，仍然附著在牙根牙本質表面，dental follicle 的間葉細胞 (mesenchymal cells) 在這個地方就無法跟牙本質接觸，也就不能分化出 cementoblast 形成牙骨質。這樣在牙根表面，特別是在齒頸部，牙本質會暴露出來而引起齒頸部的敏感。
- Dental follicle 的間葉細胞無法跟牙根牙本質表面接觸 → 不會分化成 cementoblast → 無法形成 cementum。



- 牙釉珠 (enamel pearl): epithelial root sheath 遺留而黏附在齒頸部牙本質靠近牙根的分叉點 (furcation) 上。Root sheath 的 inner cells 分化成具有功能的 ameloblast，因而產生 enamel droplet (釉質小球)。牙釉珠內可能含有少量的牙本質和牙髓組織⁴。最常發生於第一大臼齒。
- 彎曲齒 (dilaceration): 可能是外傷或局部壓力造成 epithelial root sheath 在牙根部分礦化時改變了位置 (dislocation)，導致殘餘的、未完成的牙根部分會彎曲甚至扭轉。此現象會造成根管治療或拔牙變得非常困難。

國考題

⁴因此在臨床上遇到這類的牙齒，不可以直接將牙釉珠磨除，這樣有可能會造成牙髓暴露而引起牙髓發炎。類似的病變還有經常發生於下顎第一小白齒的 central cusp。

105-1-57.

在多根牙牙根分岔處 (furcation) 之牙釉珠 (enamel pearls) 常常造成細菌侵入與牙周清潔不易，最後造成牙周破壞 (periodontal destruction)；此牙釉珠的形成主要和下列那一種細胞的誘導有關？

- A. 湯姆氏顆粒層 (granular layer of Tomes)
- B. 馬拉塞氏上皮殘留體 (epithelial cell rests of Malassez)
- C. 赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath)
- D. 拉士豪神經叢 (plexus of Raschkow)

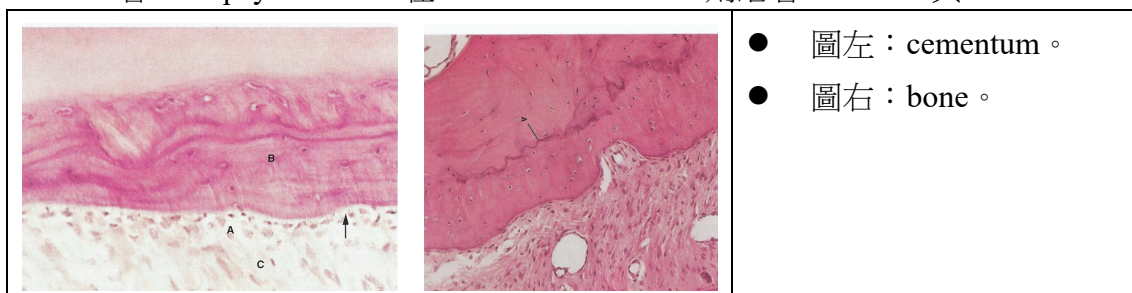
● Cementum 的功能

1. 加上 PDL 可幫助牙齒連接到齒槽骨，讓牙齒穩固在齒槽骨中發揮作用。
2. 產生一些適應性的結構，調適牙齒的功能：例如牙根尖被吸收時會產生 cellular cementum 來進行修復。又例如做矯正時，牙齒的移動就是來自 cementum 的功能。Cementum 面對 soft tissue PDL 和 hard tissue bone，在做矯正時因為牙齒要移動，某些方向的骨頭要被吸收，所以在牙齒上施展力量，透過 PDL 讓骨頭被吸收使牙齒移動，但 cementum 不會被吸收，不然牙齒就不會動了。
3. 保護有通透性的 dentin structure。Dentin 為具有 dentinal tubule 的通透性組織，所以 cementum 覆蓋在牙根表面可以降低牙齒對冷熱或酸的敏感度。
4. 修復牙根：當有某種不當或生理無法忍受的咬合力和機械力產生時，牙根會被吸收。例如做矯正時拉力不當導致牙根吸收。一旦去除外力的時候，cementum 有修復牙根的功能。

● 牙骨質結構的特色

1. 礦化程度比 enamel (96%) 跟 dentin (70%) 少。
2. 比dentin更軟且通透性更高。
3. 硬度、化學組成以及組織特徵（在此指 cellular cementum）與骨頭相似，由細胞和礦化的細胞間質組成，細胞位於陷窩 (lacuna) 內，並有增生線 (incremental lines)。不同於骨組織的是，牙骨質沒有哈氏管 (Haversian canal，辭彙翻譯為「海物土管」)，也沒有血管和神經。
4. 在齒頸部較薄，約 20-50 μm ，在根尖和多牙根的牙根分叉處較厚，約 150-200 μm 。
5. 在齒頸部較軟而且較薄。當牙齦萎縮時，暴露於口腔環境中的牙根表面牙骨質很容易因為磨耗而被移除。
6. 顏色：淡黃色且透明。

7. 隨著年齡增加而通透性降低。牙骨質的通透性在 **acellular cementum** 是沿著 **Sharpey's fibers**，在 **cellular cementum** 則沿著 **lacunae** 與 **canaliculi**。



● 牙骨質與骨組織的比較

	Cementum	Bone
Remodeling ⁵	No (但有 repair 的功能)	Yes (有 osteoblast 與 osteoclast, 在骨頭生長時會 remodeling)
Vascularity	No (經由 canaliculi 利用擴散作用傳送養分)	Yes (有 Haversian system)
Nerve	No	Yes
Cellularity	Yes (cementocyte)	Yes (osteocyte)
Fluoride content	High	Yes
Deposition on another type of hard tissue ⁶	Yes (覆蓋在 dentin 或 enamel 表面)	No (周圍被纖維結締組織包圍)
Haversian canals	No	Yes
Lacunae	Yes	Yes
Incremental line	Yes	Yes

● 生化組成

1. 無機物：45%-50%，無機物質以鈣磷為主，主要以 **hydroxyapatite** 的形式存在。此外還含有多種微量元素，氟的含量比其它的礦化組織多，尤其在它的表面，並且會隨著年齡的增長而增高。
2. 有機物：50%：主要為膠原和非膠原蛋白。膠原蛋白最主要為第一型 (**type I**)，其功能主要為參與牙骨質的礦化

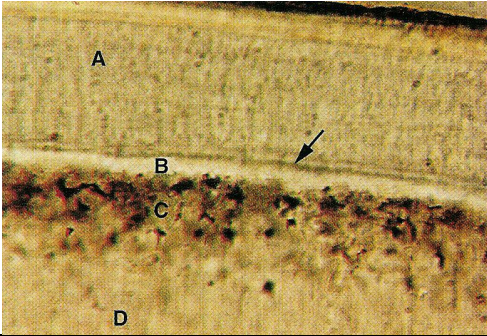
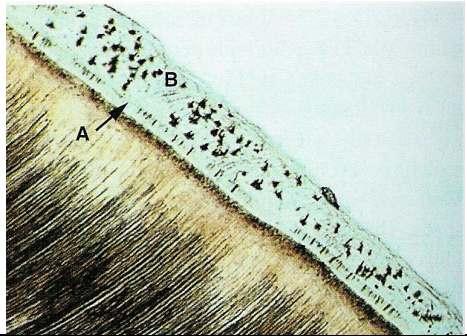
⁵Remodeling 指是汰舊換新的能力。牙骨質只有在受到損傷時有修復的能力，但不像骨組織一樣可以將舊骨移除，再產生新的骨來填補。

⁶牙骨質只要有 PDL 附著就能表現它的活性；而 bone 則一定要有軟組織，例如骨膜，附著在表面，否則會喪失活性而壞死，形成腐骨 (sequestrum = dead bone)。

	Enamel	Dentin	Cementum	Bone
Inorganic	96	70	45-50	67
Organic	4	30	50	33

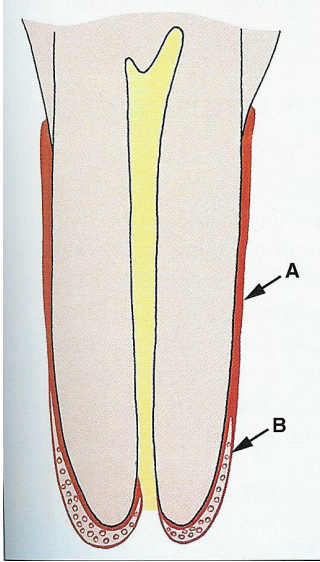
- 牙骨質的分類：牙骨質分類較複雜。根據組織中有無細胞可分為有細胞牙骨質和無細胞牙骨質。根據形成的時間可分為原發性牙骨質和繼發性牙骨質。

1. 依細胞的有無：分為 acellular cementum、cellular cementum。

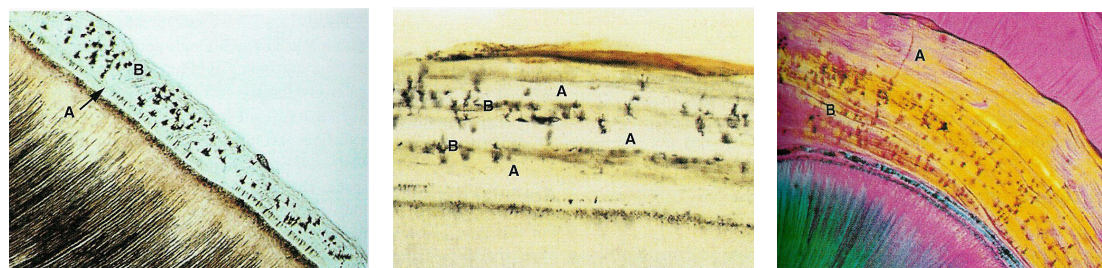
	
<p>A: acellular cementum B: hyaline layer (intermediate cementum) C: granular layer of Tomes D: root dentin</p>	<p>A: acellular cementum B: cellular cementum</p>

(1) 無細胞牙骨質 (primary cementum)，位於齒頸部。

(2) 有細胞牙骨質 (secondary cementum)，說明如下圖表。

	<ul style="list-style-type: none"> ● A 為 acellular cementum <ol style="list-style-type: none"> 1. 覆蓋於牙根的 coronal 2/3 (= C 1/3 + M 1/3)。 2. 包含 PDL 和 cementoblasts 所製造的 fiber。 3. 利用 PDL fiber 將牙齒固定在齒槽骨內。 4. 比較薄。 ● B 表示 cellular cementum <ol style="list-style-type: none"> 1. 在牙齒達到咬合位置後才開始生長。 2. 生長快速，所以鈣化程度較無細胞牙骨質低。 3. 覆蓋在牙根尖 1/3，有些會蓋住 acellular cementum 或與之交錯排列。 4. 終其一生不斷生長，所以隨著年齡會越來越厚。 5. 適應性作用，對牙齒的磨耗與移動做出反應，也和牙齒與牙周組織的修復有關。 6. 比較厚。
---	---

(3) 兩者並非完全獨立存在，常交互出現



A: acellular cementum; B: cellular cementum

左：cellular overlies acellular。

中：兩者交錯。

右：acellular overlies cellular。

Differences between acellular and cellular cementum		
	Acellular	Cellular
細胞	無	牙骨質細胞及其胞突位於腔隙 (lacunae) 與小管 (canaliculi) 中
分布	牙根冠部 2/3	根尖 2/3 與分叉處
生長	生長緩慢	生長快速
礦化	較好	較差
增生線	緊密	較寬

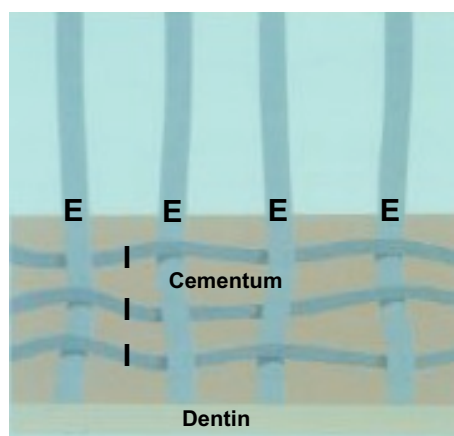
2. 根據 fiber 來源與有機基質來分 (如右下圖)

(1) 外生性纖維 (extrinsic fiber, E)

- A. 與牙根表面垂直。
- B. 由 PDL 中的纖維母細胞製造。
- C. 功能為固定牙齒。
- D. 纖維直徑較粗。

(2) 內生性纖維 (intrinsic fiber, I)

- A. 與牙根表面平行。
- B. 由牙骨質細胞製造。
- C. 功能為修復牙根。
- D. 纖維直徑較細。
- E. 內生性纖維緊密，但偶爾有 PDL 的外生性纖維穿入。

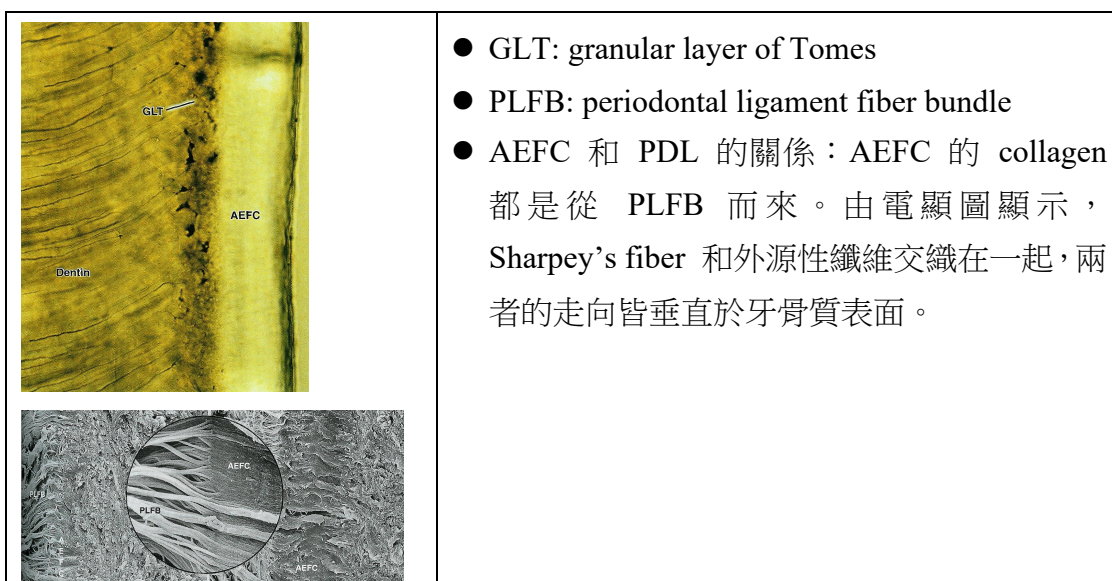


3. 用光學顯微鏡和電子顯微鏡觀察，根據牙骨質中的細胞分佈和纖維來源，可將牙骨質分為五種類型：

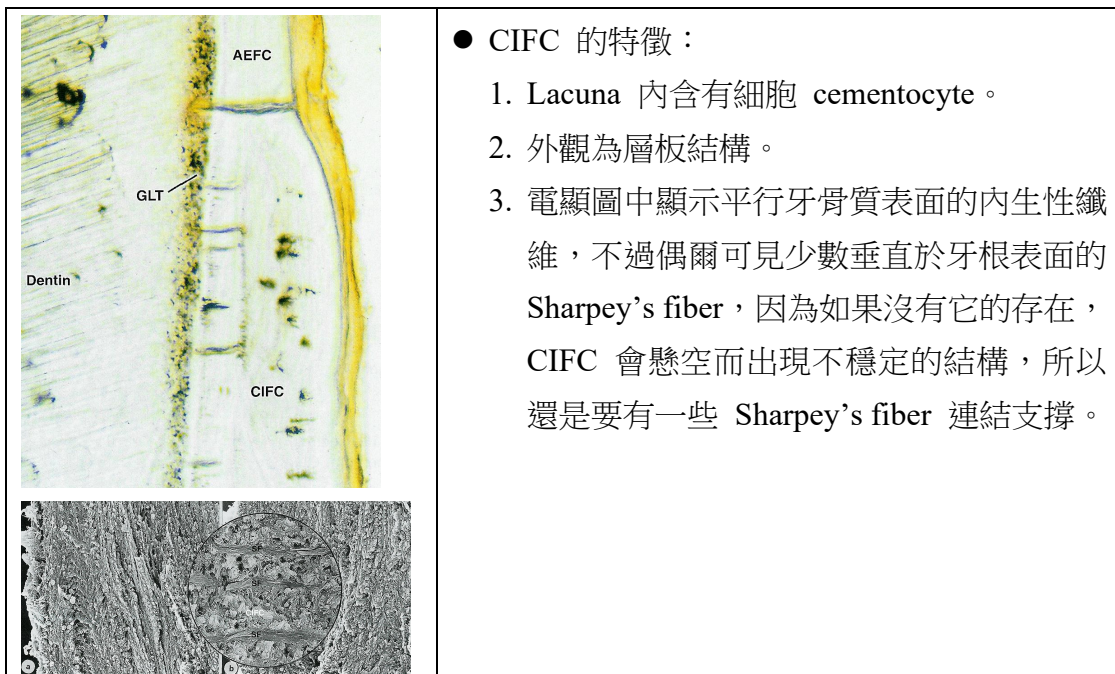
- (1) acellular extrinsic fiber cementum
- (2) cellular intrinsic fiber cementum
- (3) (acellular intrinsic fiber cementum)
- (4) mixed fiber cementum
- (5) acellular afibrillar cementum

● **Acellular extrinsic fiber cementum (AEFC, 無細胞外源性纖維牙骨質)**

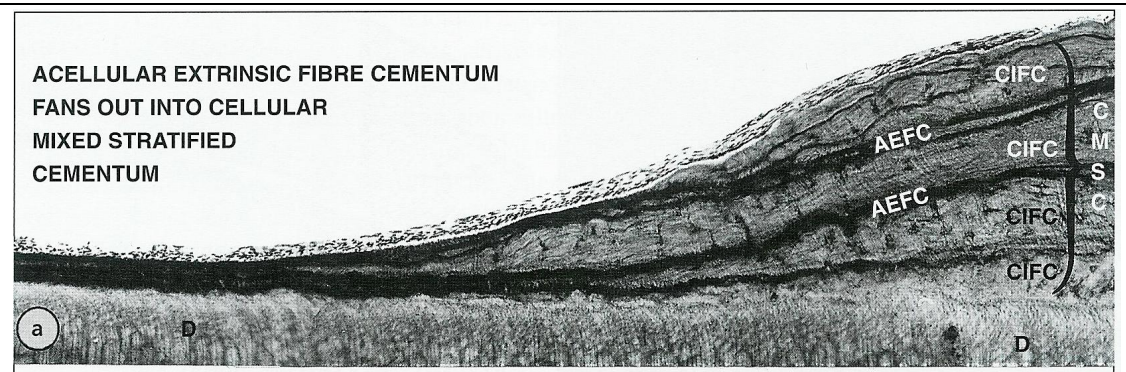
1. 含有密集排列的膠原纖維，方向與牙根垂直。上皮根鞘斷裂，牙本質暴露於 dental follicle 之後，這種牙骨質附著在新形成的牙本質表面，為最先形成的牙骨質。
2. 產生 AEFC 的 cementoblast 分化於生長中的牙根最前端，當人類牙根發育時，cementoblast 沿著新形成尚未礦化的 mantle dentin 表面排列，再跟著逐步分解的 HERS 前行。Cementoblast 將 process 伸入尚未礦化的 dentin 並將膠原纖維釋入使兩者完全混合。
3. 不含細胞。
4. 其內所有膠原纖維皆來自 PDL insertion，稱之為 Sharpey's fibers。
5. 覆蓋齒頸部 2/3 的牙根表面。
6. 形成緩慢，一般而言礦化程度較好。
7. 功能為牙齒的錨定，即將牙齒固定於齒槽骨上。



- Cellular intrinsic fiber cementum (CIFC, 有細胞內生性纖維牙骨質)
 1. 由 cementoblast 形成, 只包含內生性纖維, 方向與牙根平行。
 2. 位在根尖 1/3 以及牙根分岔處。非連續性的出現, 而是呈現一塊一塊區域。
 3. 形成快但礦化程度較低。
 4. 是修復性牙骨質的一種形式。
 5. 負責牙根的適應性修復。經常修復牙骨質吸收或缺陷區, 也參與構成 mixed fiber cementum
 6. Cementoblast 會將細胞突深入礦化的 dentin 中釋放 collagen, 使兩者緊密結合, 但同時也會陷入自己分泌的基質中, 而從 cementoblast 變成 lacuna 中的 cementocyte, 這些陷入的細胞其分泌能力會降低。細胞的養份由 PDL 藉擴散作用的方式供應, 較深處供應不到造成細胞死亡, 形成 AIFC。



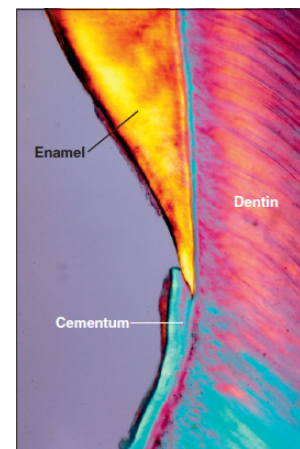
- Mixed fiber cementum (混合型纖維牙骨質)
 1. 為 AEFC 與 CIFC 或 AIFC 不規則交替沈積而成。通常分布在牙根分叉處與根尖區。AIFC, 無細胞內生性纖維牙骨質, 是 CIFC 的變型, 形成於對外力的適應性反應, 功能和修復能力與 CIFC 差不多, 形成快, 其內不含牙骨質細胞。
 2. 膠原蛋白內、外生性皆有。外生性來自 PDL, 內生性來自牙骨質母細胞。
 3. 較薄的 AEFC 負責和 PDL 連接。
 4. 參與牙根表面的重塑及吸收處的修復。



- 兩種牙骨質重疊的地方就是 **mixed fiber cementum**。
- 最靠近牙本質區域為 **CIFIC**，其纖維與牙本質纖維呈交錯混合排列，有附著的作用，在這種形式的基礎上發生的礦化會增強這種附著作用。
- 在靠近 **PDL** 的地方是 **AEFC**，含有大量的穿通纖維，這些纖維會穿入其深層的 **CIFIC**。
- 形成的速率決定產生 **cellular** 或 **acellular cementum**，速率較快會產生 **cellular cementum**。

- **Acellular afibrillar cementum (AAC, 無細胞無纖維牙骨質)**

1. 無膠原纖維。
2. 數量少、分佈稀疏，可見於成熟的牙釉質表面。
3. 可能是延伸自 **AEFC** 的棘狀突起或是在靠近 **CEJ** 處的牙釉質表面單獨出現的一小段的 **AAC**。
4. 由高度礦化的基質組成。
5. 被認為是發育過程中的異常。由於 **REE** 斷裂，使 **dental follicle** 中的細胞與暴露的牙釉質基質相接觸，進而分化為 **cementoblast**，形成牙骨質。同時說明牙釉質基質成分在誘導牙骨質形成中有重要作用。
6. 因缺少膠原纖維，故不擔任連附的角色，因此 **AEFC** 成為主要的連附組織。



● Cementum 分類整理

分類依據	類別
The nature and origin of the cells	Acellular cementum
	Cellular cementum
The nature and origin of the organic matrix	Extrinsic fiber
	Intrinsic fiber
The nature and origin of the presence or absence of cells	Acellular extrinsic fiber cementum
	Cellular intrinsic fiber cementum
	Mixed fiber cementum
The nature and origin of the organic matrix	Acellular afibrillar cementum

國考題

109-1-65.

關於牙骨質的敘述，下列何者錯誤？

- A. 牙骨質的分類主要依據基質內有無細胞，及膠原蛋白纖維的來源
- B. 含細胞牙骨質（cellular cementum）內有內皮細胞可供修復
- C. 含細胞牙骨質會對牙齒磨耗產生調適作用
- D. 無細胞牙骨質（acellular cementum）主要功能在提供牙齒附連

108-2-55.

有關牙骨質（cementum）的敘述，下列何者錯誤？

- A. 牙骨質約含 45%至 50%的氫氧磷灰石（hydroxyapatite）及 50%的膠原與非膠原基質蛋白（collagen and noncollagenous matrix protein）
- B. 牙骨質的有機質組成中大部分為第 I 型與第 III 型膠原蛋白
- C. 鹼性磷酸酶（alkaline phosphatase）在牙骨質形成上佔有一重要角色
- D. 牙骨質含牙釉質形成素（amelogenin）

107-2-55.

有關牙骨質（cementum）之敘述，下列何者正確？

- A. 它含有 70%的無機質與 30%的有機質
- B. 其主要基質為第一及第二型膠原蛋白
- C. 它含有大量的牙釉質形成素（amelogenin）
- D. 它含有鹼性磷酸酶（alkaline phosphatase）

107-1-55.

下列關於牙骨質（cementum）與牙本質（dentin）的敘述，何者正確？

- A. 牙骨質比牙本質含較多的無機質（inorganic material）
- B. 牙骨質含有細胞，但牙本質含有細胞與細胞突（cell processes）
- C. 牙骨質含有彈性纖維（elastic fibers），但牙本質只含有膠原纖維（collagen fibers）
- D. 牙骨質是由牙周韌帶的細胞產生，但牙本質是由牙髓細胞產生

104-1-55.

下列有關細胞性牙骨質 (cellular cementum) 與無細胞性牙骨質 (acellular cementum) 之敘述，何者正確？

- A. 在牙齒發育過程中，前者較早形成，後者較晚出現
- B. 兩者之表面均無類牙骨質 (cementoid)
- C. 前者較常出現於牙根的冠端二分之一處，後者常出現於牙根的根尖端二分之一處
- D. 製造這兩種牙骨質的細胞，其表現型 (phenotype) 是不同的

103-2-56.

有關牙骨質 (cementum) 的敘述，下列何者錯誤？

- A. 與骨相似，65%是礦物質 (mineral)
- B. 具有腔隙 (lacunae) 與小管 (canaliculi)，含有牙骨質細胞 (cementocytes) 及細胞突 (processes)
- C. 是無血管性 (avascular)
- D. 夏庇氏纖維 (Sharpey's fibers) 於牙骨質內為礦化 (mineralized)，但在牙周韌帶 (periodontal ligament) 內為非礦化

101-2-56.

有關原發性牙骨質 (primary cementum) 的敘述，下列何者錯誤？

- A. 它是無細胞性 (acellular)
- B. 在人類，它產生於新形成但未礦化的被覆牙本質 (mantle dentin) 表面上
- C. 與其他牙骨質相比，其發育相對地慢些 (develops relatively slowly)
- D. 膠原纖維 (collagen fibrils) 在開始時是外生性的來源 (extrinsic source)

101-1-53, 96-1-56.

無細胞無纖維牙骨質 (acellular afibrillar cementum) 通常出現在牙根那個位置？

- A. 齒頸部靠近牙釉質與牙骨質交界
- B. 牙周韌帶之膠原蛋白之間
- C. 牙根分叉
- D. 根尖三分之一

100-2-55.

下列有關無細胞牙骨質 (acellular cementum) 在單根牙厚度之敘述，何者正確？

- A. 齒頸部約 50 μm ，往牙根方向逐漸增厚至 200 μm
- B. 齒頸部約 200 μm ，往牙根方向逐漸減少至 50 μm
- C. 均勻分佈，大約 50 μm ~200 μm
- D. 均勻分佈，大約 15 μm ~50 μm

99-1-51.

下列何者通常不會出現在單根牙的牙根表面？

- A. 無細胞牙骨質
- B. 含細胞牙骨質
- C. 混合牙骨質
- D. 無細胞無纖維牙骨質

98-2-53, 97-1-57.

下列有關含細胞牙骨質 (cellular cementum) 與無細胞牙骨質 (acellular cementum) 的敘述，何者錯誤？

- A. 兩者皆來自於牙乳突 (dental papilla)
- B. 前者在牙齒發育時出現的時間較晚
- C. 兩者的發育與磷酸鹽的量是否正常皆有關
- D. 缺乏鹼性磷酸酶的老鼠，含細胞牙骨質的生成不受影響

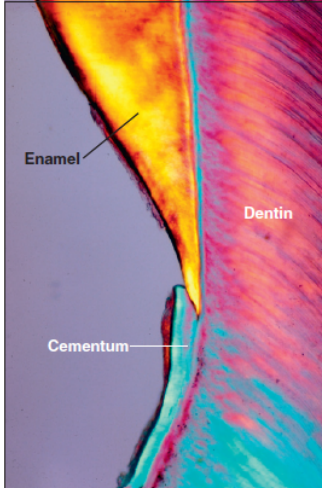
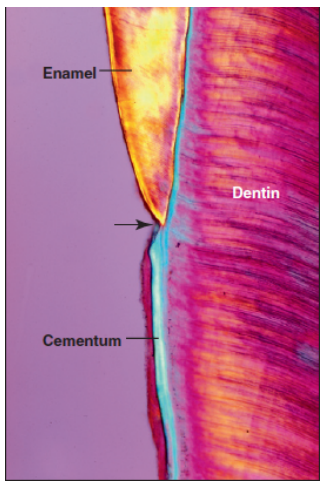
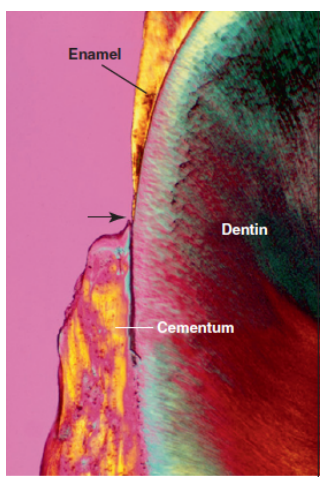
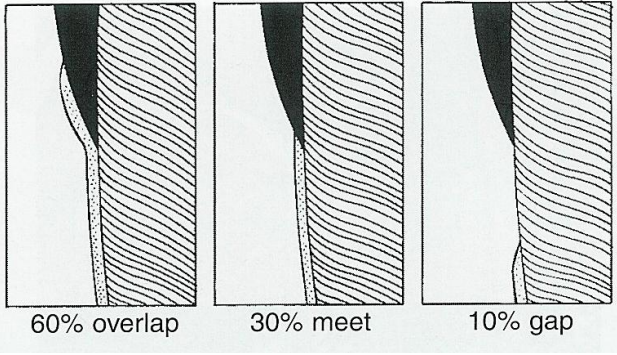
96-2-60, 102-2-54.

下列關於含細胞牙骨質與無細胞牙骨質之敘述，何者錯誤？

- A. 負責生成兩者的細胞，其表現型 (phenotype) 不同
- B. 含細胞牙骨質通常不會在門牙牙根出現
- C. 含細胞牙骨質通常不會在犬齒牙根出現
- D. 含細胞牙骨質形成之前無類牙骨質 (cementoid) 的形成

Cementoenamel junction, CEJ, 牙骨質牙釉質交界

- 用掃描式電子顯微鏡觀察牙齒，CEJ 可能會同時出現 3 種類型，但是其中一種會特別明顯。這三種類型如下表：

<p>60% overlap 60% 是牙骨質少許覆蓋在牙釉質表面。</p>	<p>30% meet 30% 牙釉質和牙骨質剛好密接在一起。</p>	<p>10% gap 10% 兩者不相接使得這個地方的牙本質暴露，而被牙齦所覆蓋。</p>
		
 <ul style="list-style-type: none"> ● Enamel 覆蓋在牙冠最外面，而 cementum 覆蓋在牙根最外面，這兩種構造覆蓋在 dentin 的外面可以保護孔洞性的 dentin，避免外界的刺激。 ● 一旦牙齦萎縮，牙骨質缺失導致牙本質暴露，就容易有牙齒敏感的現象。 		

國考題

108-2-56.

牙骨質與牙釉質交接 (cementoenamel junction) 呈現明顯的 butt joint，約占多少百分比？

- A. 60 B. 30 C. 10 D. 5

100-2-54.

牙骨質與牙釉質交界的形式通常不包括下列何者？

- A. 牙骨質蓋過牙釉質
B. 牙骨質與牙釉質形成方形接合 (butt joint)
C. 牙骨質與牙釉質中間有空缺

D. 牙釉質蓋過牙骨質

100-1-56.

牙骨質與牙釉質交界的形式中，兩者之間出現空缺的比例大約是多少？

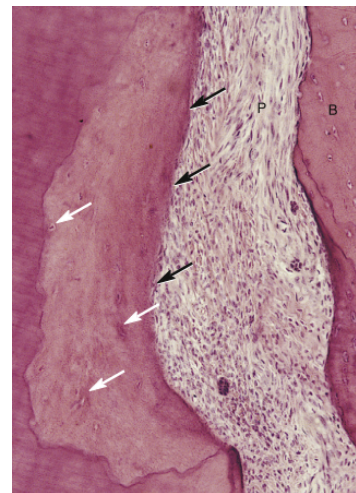
- A. 60% B. 50% C. 30% D. 10%

● 牙骨質附著到牙本質的方式

1. 牙本質藉由膠原纖維和牙骨質基質相連。
2. 由於牙本質和牙骨質之間彼此相連，牙本質的礦化會擴散進入牙骨質基質，而形成 dentin 和 cementum 的交界。
3. 附著的方式與 cellular 和 acellular cementum 連接的機制相同。

● 牙骨質表面特徵

1. 將牙周韌帶纖維附著於牙齒。因此有許多纖維束分佈於整個牙根表面。
2. 抵抗吸收：在生理情況下，牙骨質不像骨組織可以不斷的改建和重塑 (remodeling)，而是比齒槽骨具有更強的抗吸收能力，這些是臨床矯正治療時牙齒移動的基礎。只有在矯正力量超過範圍時，才會造成牙根吸收。
3. 修復被吸收的牙根：牙骨質表面有時可見吸收區，當吸收停止後，有些吸收區發生牙骨質的修復。在吸收的邊緣和修復性牙骨質之間可見反轉線 (reversal line，如右圖箭頭所指)，意思是吸收過程得了逆轉 (the resorptive process has reversed)。
4. 在乳牙脫落的過程中出現牙根吸收，同時可見局部牙骨質修復現象。這種修復可能在乳牙持續性脫落過程中給予乳牙某種支持。
5. 牙骨質表面隨著年齡增加變得不規則。
6. 連結在牙骨質的纖維隨著年齡增加而減少。

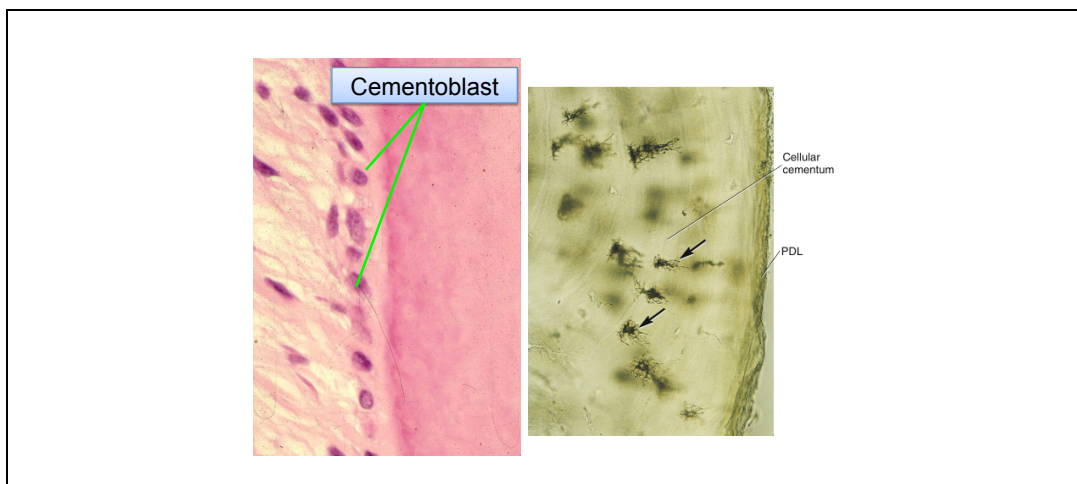


● 牙骨質的生長線 (incremental lines of cementum)

1. 顯示牙骨質規律性的沉積，但周期不一定，不像 enamel 或 dentin 每天每周固定沉積多少的量。
2. 無細胞牙骨質：較窄、較薄、寬度平均，礦化程度較好。
3. 有細胞牙骨質：較寬、較厚、寬度較不規則，礦化程度較差。
4. 因為不同程度的礦化和組成，造成兩種牙骨質生長線排列有差異。
5. 增生線會隨著年齡增加，方向與牙根平行。
6. 右圖箭頭所指為牙骨質的增生線。A 指 cementocytes；B 指牙本質。



● 形成牙骨質的細胞 (cementum-forming cells)



- 牙骨質母細胞 (cementoblast)，如上圖左：
 1. 從 dental follicle 的細胞分化而來。
 2. 位在靠近牙根的 PDL 中。
 3. 製造牙骨質基質，類似造骨細胞形成骨組織的過程。
- 牙骨質細胞 (cementocyte)，如上圖右：
 1. 類似 osteocyte。
 2. 從牙骨質母細胞 (cementoblasts) 轉變而來。
 3. Cementoblasts 與 cementocyte 類似 bone 的 osteoblast 與 osteocyte 的關係。
 4. 外觀為蜘蛛狀 (spiderlike，因為有很多的細胞突起)。

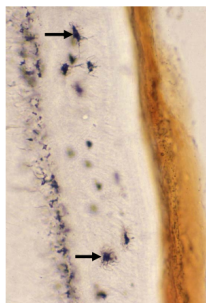
5. 存在於 lacunae 中。(細胞在間質中所佔據的空間稱為陷窩，突起所佔據的空間稱為小管。)
 6. 細胞突起沿著 canaliculi 向 PDL 的方向延展(這裡的方向要注意)，方便獲得養分。
 7. 在牙齒磨片中，由於細胞被破壞、消失，空氣及殘渣碎屑會填充在原來空間內，使得在顯微鏡下呈現黑色外觀。
- PDL fibroblasts
 - HERS

國考題

104-2-56.

有關造牙骨質細胞 (cementoblasts) 的敘述，下列何者錯誤？

- A. 齒濾泡 (dental follicle) 的外胚間葉細胞 (ectomesenchymal cells) 分化形成造牙骨質細胞
- B. 赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath) 的一些細胞可能直接轉型 (transform) 成造牙骨質細胞
- C. 在細胞性牙骨質 (cellular cementum)，造牙骨質細胞陷入腔隙 (lacunae) 內稱為牙骨質細胞 (cementocytes)
- D. 造牙骨質細胞具有少量的粒線體 (mitochondria) 及不發達的高爾基氏體 (Golgi apparatus) 與顆粒性內質網 (granular endoplasmic reticulum)



99-1-63.

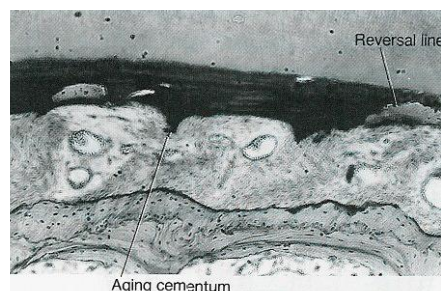
下圖為牙齒磨片 (ground section) 之組織學照片，圖片中箭頭所指之蜘蛛狀細胞為下列何者？

- A. 造牙釉質母細胞 (ameloblast)
- B. 造牙本質母細胞 (odontoblast)
- C. 造牙骨質母細胞 (cementoblast)
- D. 牙骨質細胞 (cementocyte)

- PDL fibroblasts produce Sharpey's fibers
 1. Sharpey's fibers：PDL 一邊伸入牙骨質，另一邊深入齒槽骨 (兩邊都稱為 Sharpey's fibers)，因而將牙齒懸吊在齒槽骨中。
 2. Periodontal ligament 位於 periodontal ligament space，亦即牙骨質與齒槽骨之間，小於 0.5 mm 的空隙。裡面含有 type I 膠原蛋白所組成的 principal fiber group，可以吸收及中和咀嚼時的受力，這些纖維的末端埋在牙骨質與齒槽骨中，稱為 Sharpey's fiber。

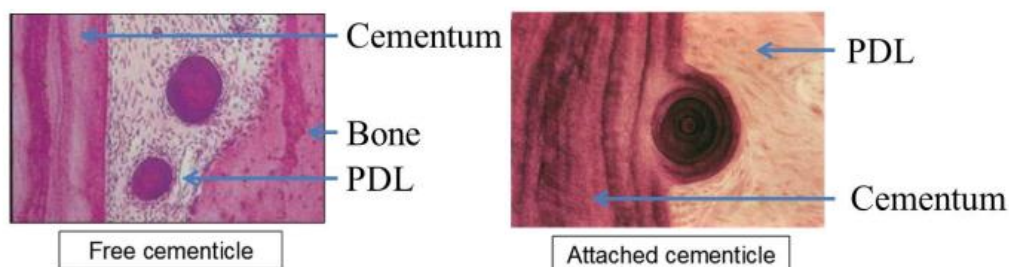
● 牙骨質的老化

1. 隨著年齡增長，牙骨質表面變得不規則，可見刺狀突起突入牙周韌帶，如右圖。
2. 一般有較多的牙骨質沈積在根尖區。
3. 纖維束與具有活性的 **cementocytes** 皆變少。只有在靠近牙周韌帶處的牙骨質細胞有活性，其它的陷窩呈現空虛的狀態。

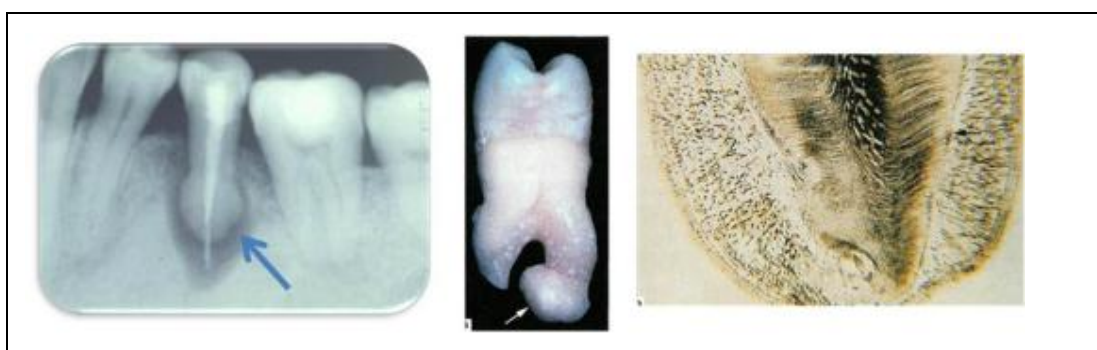


● 牙骨質結石 (cementicles)

1. 是體積小且呈球狀的牙骨質。
2. 可見於 35% 人類的牙根。
3. 老年人產生牙骨質結石的機率增加。
4. 好發於根尖 1/3、牙根中段 1/3，以及牙根分岔處。
5. 三種出現的形式分別為：游離 (free) 在 PDL、附著 (attached) 於牙骨質上、包埋 (embedded) 於牙骨質內。
6. 可能由輕微的損傷 (microtrauma) 對 Sharpey's fibers 引起額外的壓力而造成牙骨質的撕裂；或因變性的上皮細胞發生鈣化；或由於局部血管堵塞而形成。



● 牙骨質增生 (hypercementosis)



- 可能局部或廣泛的產生在牙根尖處。

- 影響單顆或是多顆牙齒。
- 好發於長期磨耗 (attrition) 的牙齒，可能為一種代償機制，用來增加受磨耗牙齒的咬合高度。
- 牙骨質增生導致牙根形狀變形膨大而難以拔除。
- 慢性刺激如牙髓壞死 (pulp necrosis)、牙周病 (periodontitis)、咬合創傷 (occlusal trauma)、慢性根尖周圍炎 (chronic apical periodontitis) 等都可能導致牙骨質增生。

● 牙骨質發育不全 (cementum hypoplasia)

1. 出現在患有低磷酸酯酶症⁷ (hypophosphatasia) 的病人。
2. 非特異性的組織磷酸酯酶活性降低。
3. 造成牙骨質形成的量明顯減少。
4. 損害 PDL 的附著，進而導致牙齒的過早喪失。

⁷低磷酸酯酶症是一種影響骨骼及牙齒發育的遺傳性疾病，磷酸酯酶 (phosphatase) 活性過低，會導致礦化作用異常，造成骨骼和牙齒形成的過程中某些礦物質，如鈣、磷的異常堆積。兒童期發病者的初期特徵通常為乳牙過早喪失，成人期發病者以軟骨病 (osteomalacia) 表現，反覆性的足骨與股骨骨折常導致慢性疼痛，患者可能過早喪失恆齒，且關節疼痛及發炎的風險會提高。低磷酸酯酶症患者中症狀最輕者僅發生牙齒型低磷酸酯酶症的症狀，此類型患者通常牙齒發育異常、恆牙過早喪失，但不會出現與其他類型低磷酸酯酶症患者類似的骨骼異常。
(http://www.genes-at-taiwan.com.tw/genchelp/database/Disease/Hypophosphatasia_20120511.htm)

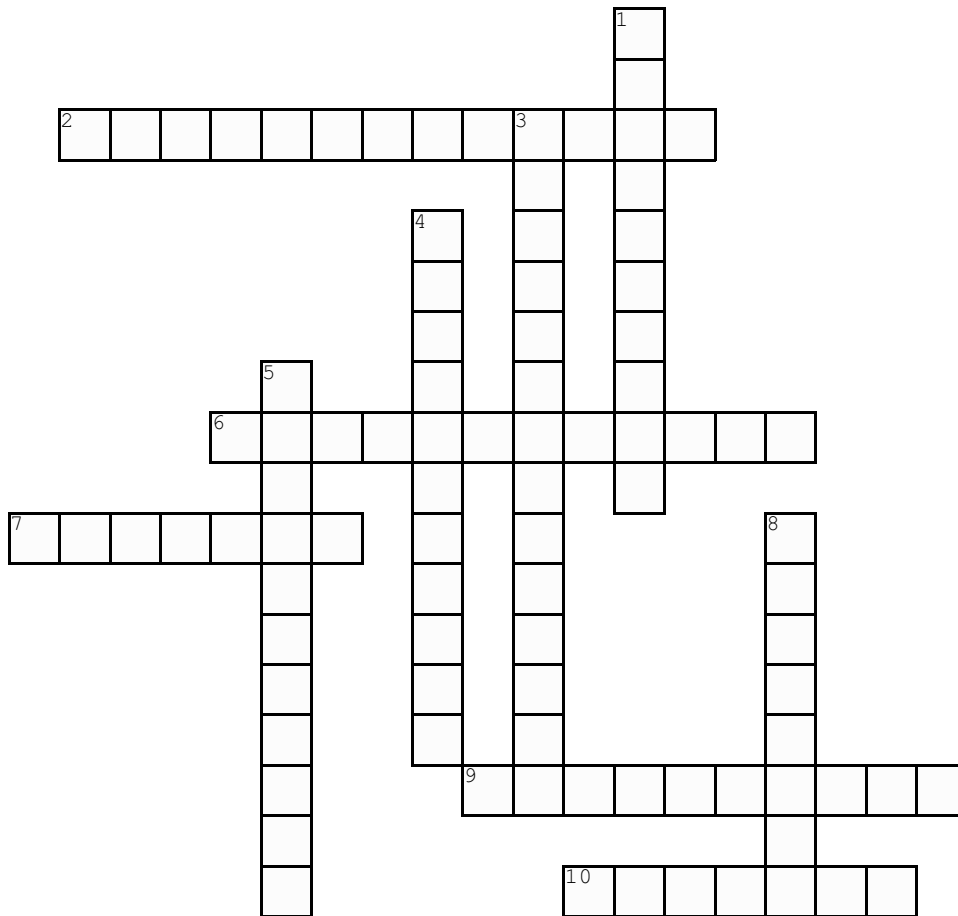
學習評量

1. 請簡單敘述牙骨質形成過程。
2. 何謂 HERS？請說出它的全名。它如何參與牙根的形成？最後會有什麼變化？對臨床有何影響？
3. 請敘述側根管形成的可能原因。它對臨床有什麼影響？
4. 請比較牙骨質與骨組織的異同。在組織切片中要如何分辨？
5. 請敘述牙骨質的分類及其分類的特點。
6. 請敘述牙釉質與牙骨質交界處的特點。其型態各佔多少比例？
7. 請問牙骨質是否會感到疼痛？為什麼？

Name: _____

Cementum and PDL

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



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

Across

- 2.** The depression or groove on a bone surface created by the resorptive activity of an osteoclast.
- 6.** A cell that produces and mineralizes cementum.
- 7.** The name of the collagen fibers of the PDL inserting into alveolar bone and cementum.
- 9.** Cell that synthesizes and secretes the molecular components of bone matrix, and subsequently mineralizes the matrix.
- 10.** Unmineralized spaces within bone or cementum occupied by osteocytes or cementocytes.

Down

- 1.** Unmineralized spaces in cementum housing cytoplasmic processes of cementocytes.
- 3.** Appositional growth of cementum in the root area.
- 4.** A cell located in lacuna in cellular cementum.
- 5.** Mineralized bodies of cementum either attached to root or free in PDL.
- 8.** PDL fibers that oriented longitudinally, parallel to the root surface; associated with blood vessels.

Cementum and PDL

Word Search (designed by Yu CH, CSMU)

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

sharpey

howship

cementicle

odontoclast

diaphragm

malassez

oxytalan

hertwig

lacuna

cementocyte