

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	Dentin
Owner	

中山醫學大學牙醫學系 級

目次

1. Overview of dentin	02
2. 牙齒發育總表.....	03
3. Pattern of dentin formation	04
4. 牙本質形成 (Dentinogenesis)	06
5. 牙本質生成 (Dentin formation)	09
6. 礦化的型態 (Pattern of mineralization)	11
7. 牙本質的組成與特色.....	13
8. 牙本質的型態 (Types of dentin)	15
9. 牙本質的基本結構.....	20
10. 管周牙本質 (Intratubular dentin)	23
11. 管間牙本質 (Intertubular dentin)	23
12. 硬化牙本質 (Sclerotic dentin).....	24
13. 球間牙本質 (Interglobular dentin)	25
14. 增生線 (Incremental lines)	27
15. 新生線 (Neonatal line)	28
16. 湯姆氏顆粒層.....	29
17. Clinical considerations about dentin pathology	31
18. 學習評量.....	33
19. 參考資料簡介.....	34
20. Crossword	36
21. Word Search.....	37

相關學科

1. 牙體形態學（乳齒與恆齒牙本質形態的差異等）	（牙二）
2. 口腔病理學（牙本質形成異常、齲齒病理特徵等）	（牙三）
3. 牙科藥理學（牙本質敏感治療藥劑的種類與作用等）	（牙三）
4. 牙科放射線學（牙齒形態變異、結構異常等之影像判讀）	（牙四）
5. 兒童牙科學（乳牙發育異常等）	（牙五）

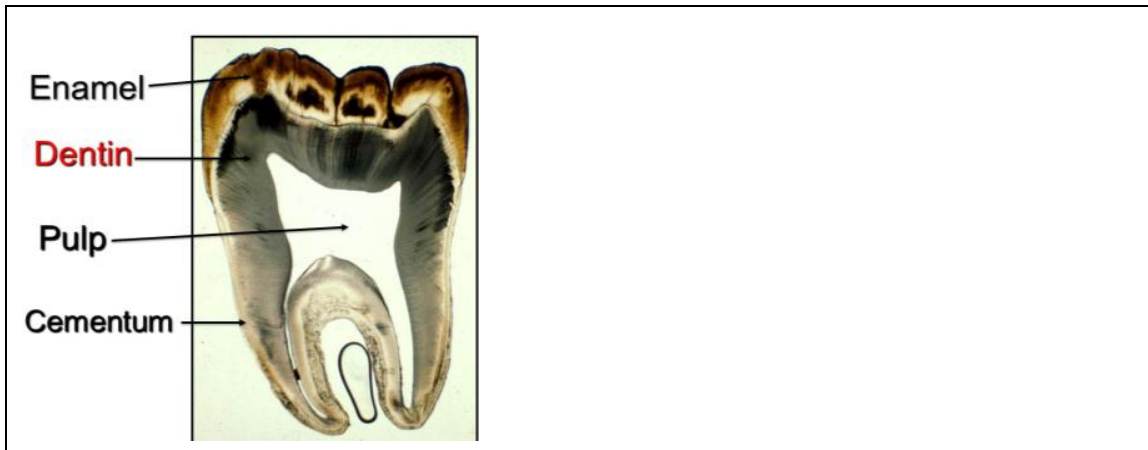
Overview of dentin

(Chiego DJ. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach. 2014, Chapter 8, p101.)

Dentin is the hard tissue that constitutes the body of the tooth. Dentin is a living, sensitive tissue not normally exposed to the oral environment. Root dentin is covered by cementum, and crown dentin is covered by enamel. Dentin, like bone, is composed primarily of an organic matrix of collagen fibers and the mineral hydroxyapatite. It is classified as **primary**, **secondary**, or **tertiary** on the basis of the time of its development and the histologic characteristics of the tissue. Primary dentin is the major component of the crown and root and consists of **mantle** dentin, globular dentin, and **circumpulpal** dentin. Mantle dentin is deposited first, along the dentinoenamel junction, in a band about 150 μm wide and is mineralized by matrix vesicles and not a mineralization front. Mantle dentin does not contain dentin sialoprotein (DSP) or dentin phosphoprotein (DPP) in the mineralizing extracellular matrix. It is thought that mantle dentin is secreted by immature odontoblasts. The collagen fibers of this dentin are larger than those of the circumpulpal dentin by zone of disturbed dentin formation called **globular dentin**, which is noted because of the spaces between the globules, termed **interglobular spaces**. Globular dentin is believed to be a result of deficient mineralization. Dentin continues to form, although the collagen fibers are smaller, until the teeth erupt and reach occlusion. As the teeth begin to function, the dentin is termed secondary dentin. Dentin is responsive to the environment. When caries or mechanical trauma affects the pulp, dentin is deposited underlying that area and is termed **reactionary/response**, **reparative**, or tertiary dentin. This dentin is deposited to protect the pulp. Bordering the pulp is **predentin**, which is newly formed dentin before calcification and maturation. Predentin is composed of 90% type I collagen fibers and 10% noncollagenous proteins, which calcify within 24 hours as the odontoblasts deposit a new band of collagen fibers.

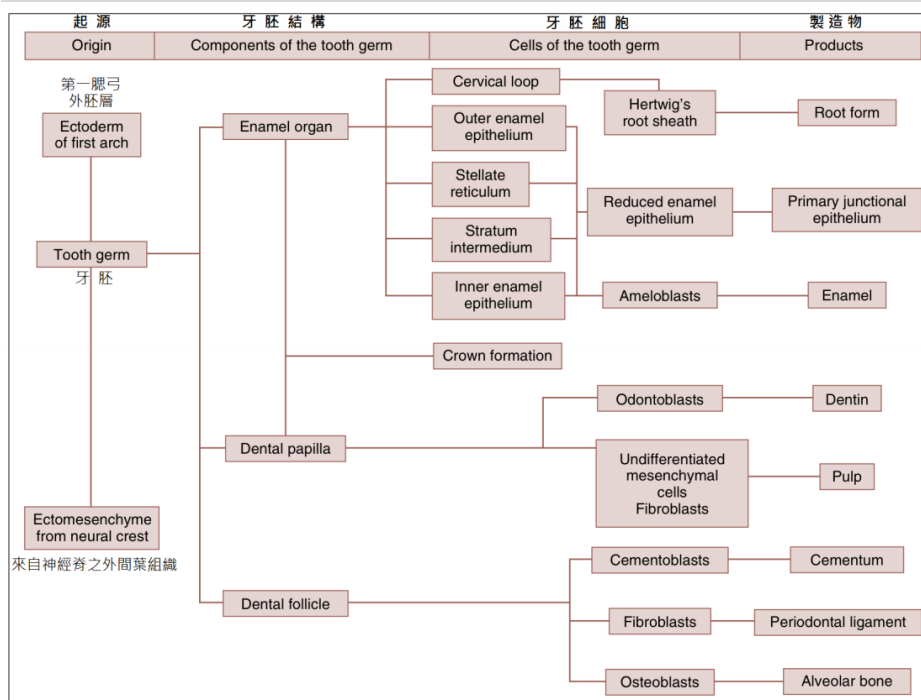
Like osteoblasts that form bone, the odontoblasts that form dentin lie on the surface of the forming hard tissue. Unlike bone, the odontoblastic processes exist in tubules and penetrate the dentin from the pulp to the dentinoenamel junction. Dentin, like bone, is deposited by appositional growth and produces incremental lines, but unlike bone, dentin does not remodel. In addition, a **granular** dentin anomaly appears along the root surface. This anomaly may also be caused by the cementum that forms adjacent to the root dentin during development. The odontoblasts may die because of trauma or old age, and **dead tracts** then develop in dentin. The tubules may later calcify as they fill with mineral. When this occurs, the dentin is termed **sclerotic** or **transparent** dentin.

Dentin



- 牙本質是構成牙齒主體的硬組織，由odontoblast所形成。主要功能是保護牙齒內部的牙髓組織與支持表面的enamel。（問題與思考：dentin如何保護牙髓組織？對於表面牙釉質的支持有什麼重要性？）
- 牙本質表面在牙冠部是由enamel所覆蓋，在牙根處則是由cementum所覆蓋。
- 牙本質又稱為象牙質，因為顏色很像象牙。
- Dentin組成的構造是牙本質小管，去敏感牙膏會進入牙本質小管以達到功用。
- Enamel只存在於牙冠，而dentin則存在於牙冠和牙根。Pulp外圍就是被dentin包圍成密閉的空腔。雖然說是密閉，但在根尖的地方有根尖孔，沿著牙根還有可能出現大小不等的側根管，所以其實和牙根周圍組織還是有相通。

牙齒發育總表（Ten Cate's 英文版第八版課本，Figure 5-35, p93）

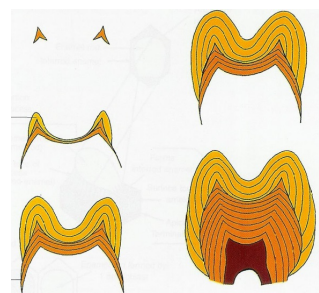


Pattern of dentin formation

● 前言

1. 在牙胚發育的鐘形期晚期，牙本質首先在靠近IEE的內凹面（切緣和牙尖）的 dental papilla 中形成，然後沿著 cusp 的斜面向齒頸部的方向擴展直到整個牙冠部的牙本質完全形成。

2. 先長牙冠部位的牙本質 (coronal dentin)，再長牙根部位的牙本質。如果是多牙尖（如後牙）的牙齒，牙本質先各自獨立在牙尖部形成圓錐狀一層一層有規律的沈積，最後互相融合形成整體的牙本質，如右圖。（所以牙冠形成完全之後，才會開始形成牙根。形成牙根的過程會在下一章的牙骨質有詳細說明。）



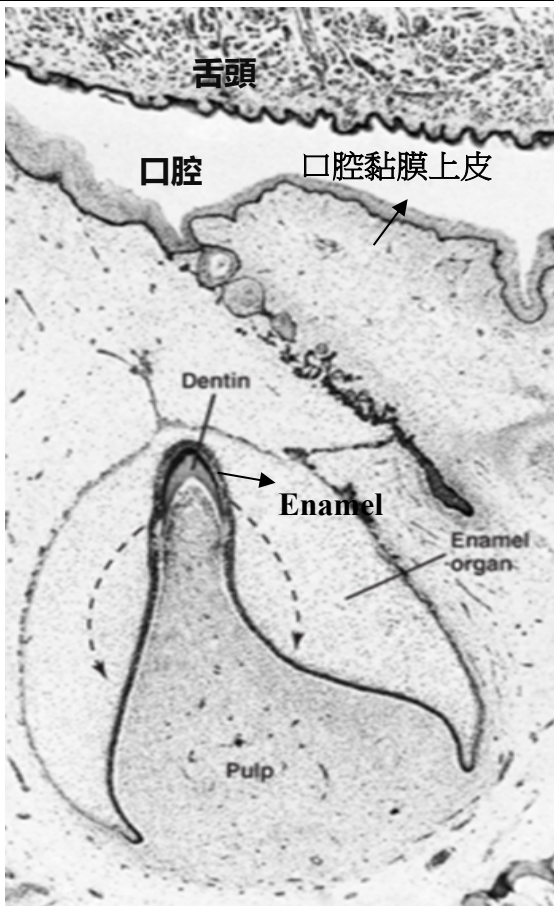
3. 當牙冠到達咬合位（咬合位即 functional position）時大約有 2/3 的牙根形成。此時的牙根因為尚未完成，所以根尖部位是 open apex（如右下圖 B 的位置），也就是牙根是開放的，之後才會慢慢地往下生長而成熟。小朋友的牙冠長出來時，去搖一搖會發現有一點晃，因為牙根尚未完全形成。若此階段的牙齒受到傷害（常見為齲齒）而導致牙髓炎，臨床上會先使用根尖成形術 (apexification) 或根尖生成術 (apexogenesis) 後再進行根管填充，這部分在牙四的牙髓病學會再學到。要注意的是根尖尚未完全形成的牙齒，在根管治療時有相當的難度，不能用一般常規的治療方式來處理。另外也要注意，apexification 和 apexogenesis 是不同的治療方式，它的適應症及治療目標也不相同，這部分在大四學習牙髓病學時要特別留意。



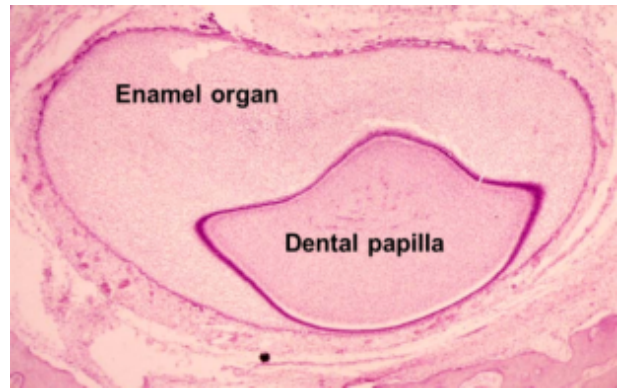
4. 牙根形成完全的時間：

- (1) 乳牙：萌發後 18 個月（約一年半）。
- (2) 恆牙：萌發後 2-3 年。

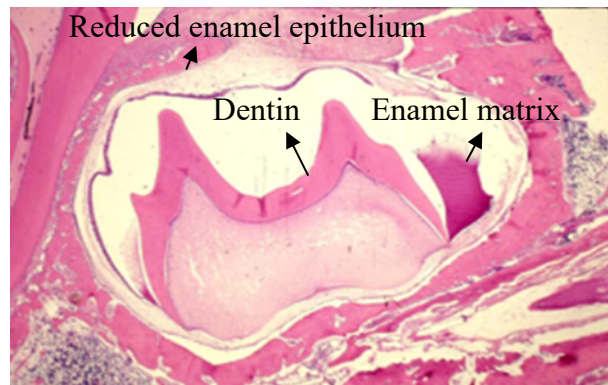
5. 一開始形成的牙髓腔很大，但 dentin 會不斷形成，最後牙髓腔的體積會愈來愈小，因此在替老人的牙齒做根管治療時，會發現他們的牙髓腔很小，根管很細，所以治療時會有一定的困難度。



- Dentin 上方的結構比較深染，是因為 enamel 的鈣化程度較高
- IEE 要分化為 ameloblast 時，需要 dentin 的存在所以 dentin 會比 enamel 還要先形成。
- Dentin 的生長方向和 enamel 剛好相反。Enamel 會一直往口腔黏膜上皮（即往外）的方向形成，而 dentin 會往牙髓腔（即往內）的方向形成。



- 牙釉器官 (enamel organ)：由OEE和IEE所隔成的構造，為形成牙冠的地方。
- 牙乳頭之後分化為牙髓。



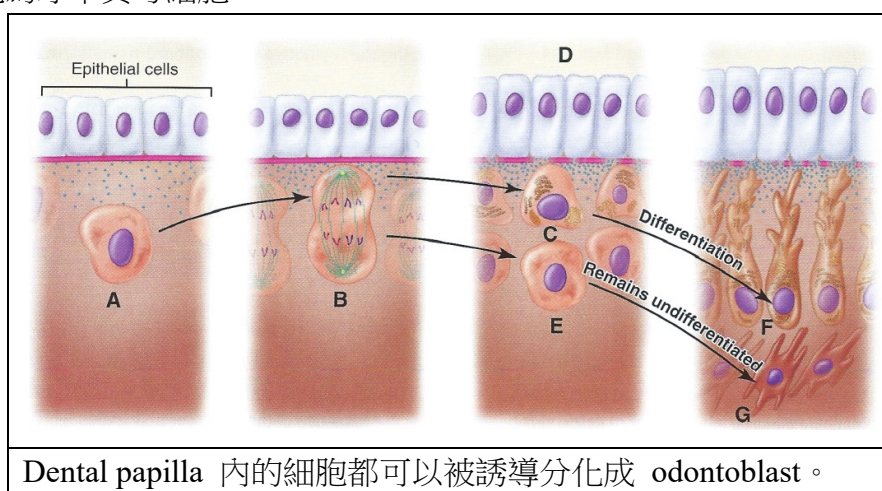
- 這張切片中的 enamel 大部分消失，因為鈣化程度高，但是殘存一些鈣化程度較低的 enamel matrix，紫紅色。
- 牙胚的最外層可見有一層薄薄的、紫色的構造，此即為 reduced enamel epithelium。（複習：REE 由那四層構造所組成？它的功能為何？）

Dentinogenesis，牙本質形成

- 牙本質由牙本質母細胞 (odontoblast) 形成，而牙本質母細胞由牙乳頭內的外胚層間葉細胞 (ectomesenchymal cell) 分化而來，此過程受 IEE 影響，為一個 reciprocal induction 的過程。(複習：牙釉質和牙本質形成的 reciprocal induction。)

Differentiation of odontoblast，牙本質母細胞的分化

- 條件
 1. 需要上皮細胞或是它的產物，如基底膜的存在。
 2. 基底膜是牙本質母細胞分化的必要條件，只有緊鄰基底膜の間葉細胞會分化為牙本質母細胞。



國考題

106-1-47.

造牙本質細胞 (odontoblast) 源自下列那一胚層？

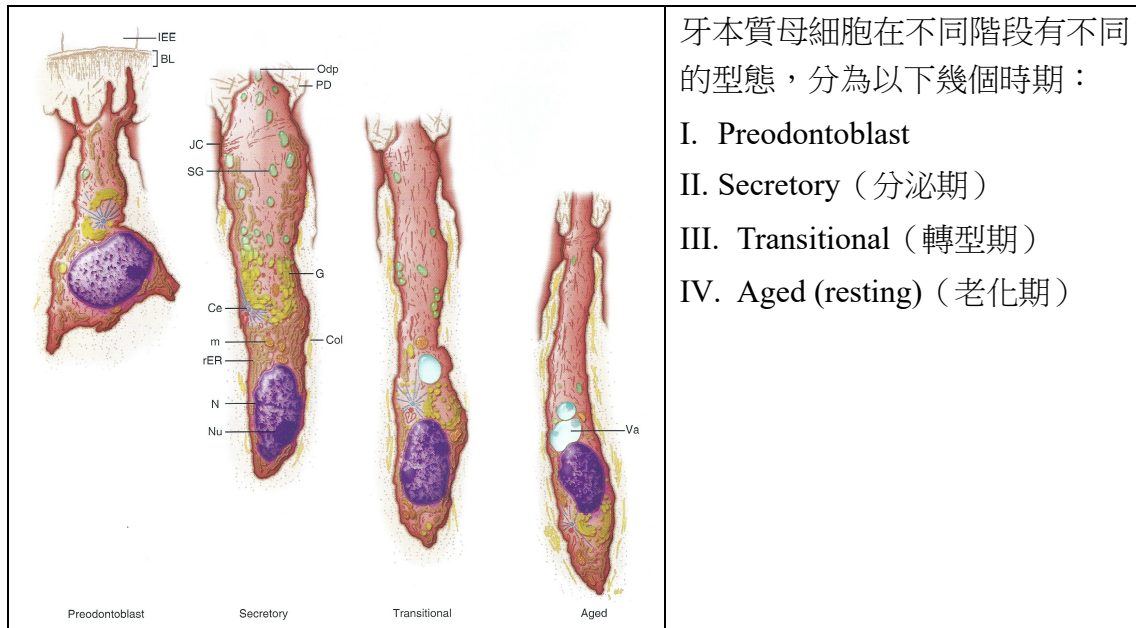
- A. 中胚層 B. 內胚層 C. 外胚層 D. 中胚層與內胚層

103-1-52.

下列何種分子，在訊息傳遞中，被認為最能誘導造牙本質細胞分化？

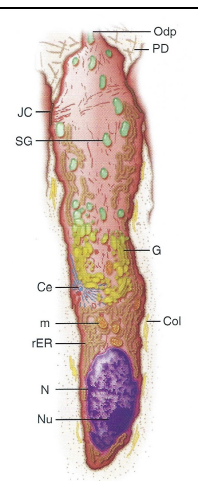
- A. 鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase)
B. 酸性磷酸酶 (acid phosphatase)
C. 轉化生長因子β (transforming growth factor β)
D. 細胞色素 C (cytochrome C)

- 牙本質母細胞型態：牙本質母細胞的型態和它的功能活性有關。(複習：牙釉質母細胞在不同的功能階段也有不同的型態，請比較兩者之間相同與相異之處。)



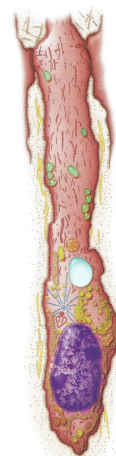
- 分泌期牙本質母細胞

細胞大而飽滿 (plump 有豐滿的、肥胖的意思，這個英文單字要學會，在描述一個細胞的外型時，會常用到這個字。其它形容詞如 spindle、cigar-shape 等字也常使用)，核呈現 open-faced (細胞核比較亮)，表示細胞正在大量製造蛋白質。細胞質呈現鹼性並含有內質網、高基氏體、小囊泡以及 secretory granules。



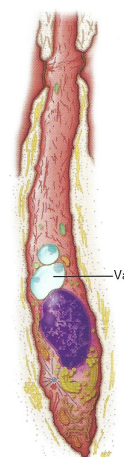
● 轉型期牙本質母細胞

此時期的細胞比分泌期的細胞窄，細胞核稍微往 **apical** 偏移。核染色質濃縮，細胞分泌的活性降低。內質網數量減少，細胞質內出現 **autophagic vacuole** (自噬空泡；**vacuole**：空泡)。這些空泡的作用類似 **lysosome**，會分解掉細胞內多餘的胞器。(複習：**lysosome** 是什麼？有何作用？)

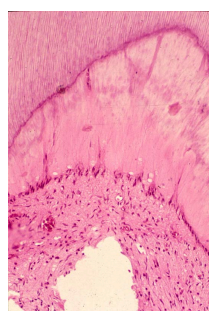
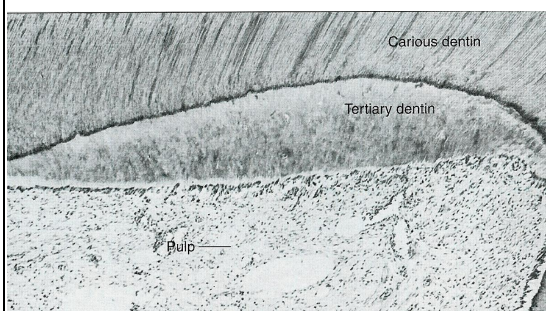


● 老化期牙本質母細胞

細胞小而扁平，細胞核呈現 **closed** 狀態，不再製造蛋白質。細胞質較少且無高基氏體的存在。細胞的胞器集中在核的下方，核上方除了有一些含脂質的空泡外，沒有其它的胞器。



● 修復型牙本質母細胞 (Reparative odontoblasts)



在缺少任何上皮細胞的誘導下，修復型牙本質母細胞仍可從牙髓細胞分化而來，修復牙本質，這種情況可能是因為他們是來自牙本質母細胞下層中，還未經過分化的間葉細胞，它不需要上皮細胞的存在，而是由未經過分化的間葉細胞而來。這點跟一般的 **odontoblast** 不一樣。

國考題

105-1-53.

有關造牙本質細胞的敘述，下列何者正確？

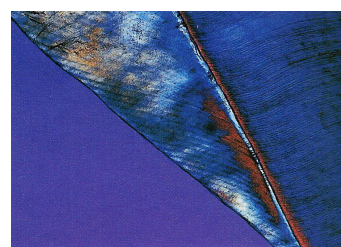
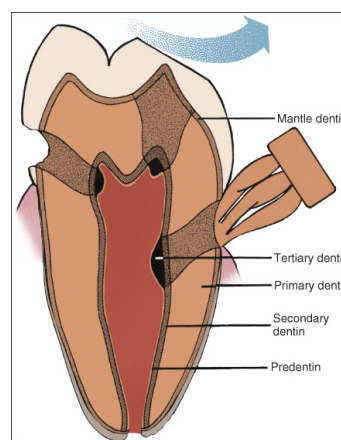
- A. 造牙本質細胞每平方毫米的數目於牙根部較牙冠部為多
- B. 牙冠部的造牙本質細胞呈立方形 (cuboid)
- C. 活躍的造牙本質細胞，其細胞質為嗜鹼性
- D. 僅能生成非膠原基質蛋白 (noncollagenous matrix proteins)

Dentin formation, 牙本質生成

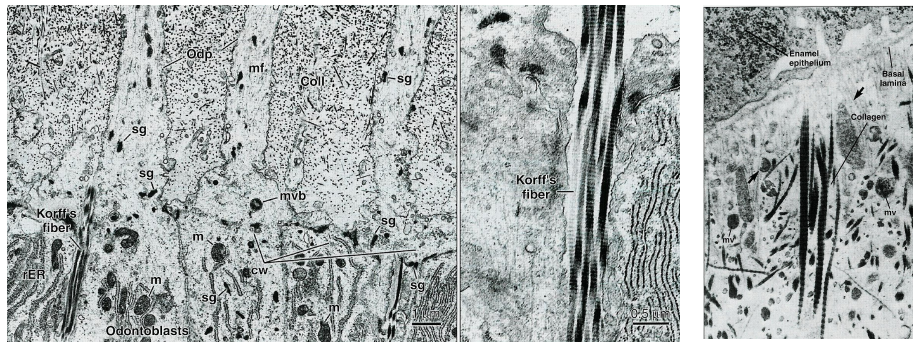
● 被覆牙本質 (mantle dentin) 的形成

- 是最先形成的牙本質，外圍緊鄰著 enamel 和 cementum，如右圖。在牙冠部稱為 mantle dentin，在牙根部稱為 hyaline layer (透明層)。厚度大約 15~20 μm 。

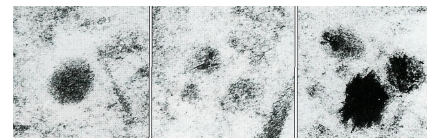
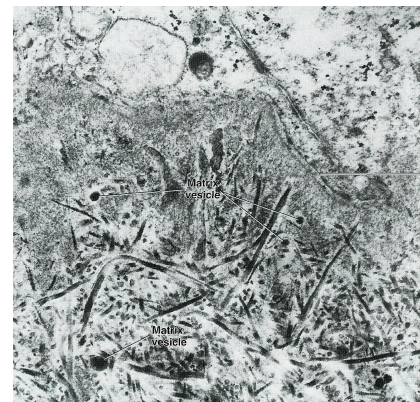
- Mantle dentin 的基質膠原纖維主要來自未完全分化的 odontoblast 分泌的 von Korff 纖維，此纖維比之後形成牙本質小管的纖維直徑大，為 0.1 到 0.2 μm 的第三型膠原纖維。其排列方向和牙本質小管平行，和 DEJ 垂直，如下圖所示。因為其纖維排列較為規則，因此在偏光鏡 (polarized light) 下可觀察到雙折射 (birefringence) 的現象，如右下圖。(這裡的纖維排列方向很重要，為什麼在牙冠部稱為 mantle dentin，但在牙根部要稱作 hyaline layer，是因為纖維排列方向的關係，牙根處最外圍牙本質的纖維排列方向和 DEJ 平行或傾斜，所以在偏光鏡下無法觀察到雙折射的現象。所以在右上圖課本的圖示中可以發現，mantle dentin 是從牙冠處一直延伸到牙根，構造雖然類似，但名稱不同。)



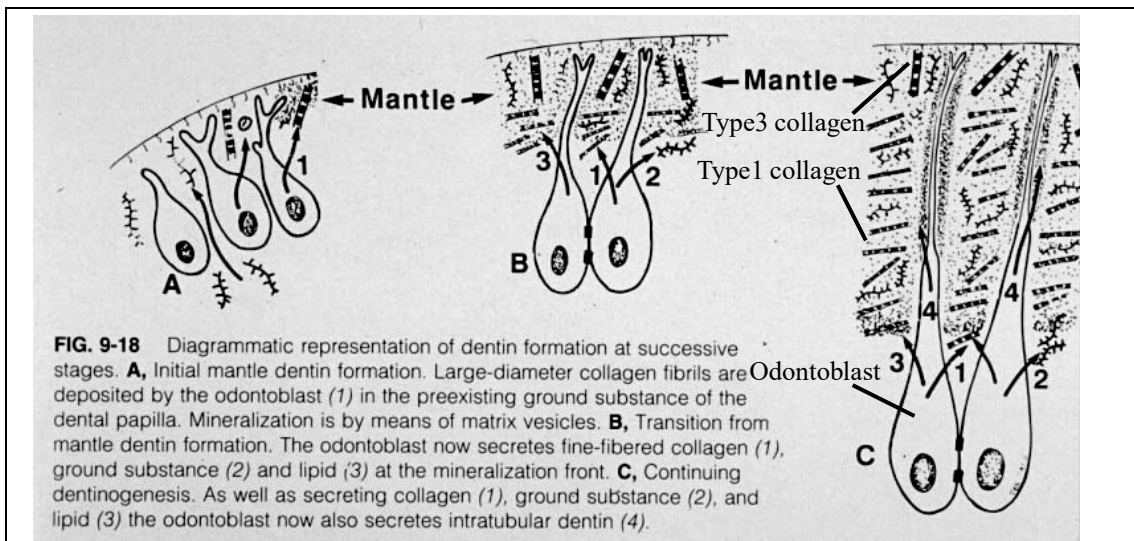
- 隨著 odontoblast 增大，會分泌一些較小的第一型膠原纖維，形成 predentin。
- 牙本前質 (predentin) 的礦化程度略小於原生牙本質 (primary dentin) 4%。



- 當牙本質母細胞形成其細胞突起、漸漸往牙髓移動時，會分泌一些有膜包覆的小泡，稱為基質泡 (matrix vesicles)。
- 最早的礦化作用會在基質泡形成單一晶體，這些晶體會快速成長，穿破膜之後形成連續的一片礦物質基質。
- Matrix vesicle 裡會有一些晶體慢慢開始鈣化，便會形成一個實心的中心，隨著慢慢地聚集和融合便形成連續的礦物質基質。
- 簡言之，礦化首先在基質小泡中開始，礦物持續不斷的沈積，晶體不斷的生長形成鈣球，進一步長大融合形成單一個的鈣化團。



● 牙本質形成連續階段示意圖



1. 分泌膠原纖維 (secrete collagen)，此時的膠原纖維直徑較大。
2. 分泌基質 (secrete ground substance) 及直徑較小的膠原纖維。
3. 分泌脂質 (secrete lipid)。

4. 分泌管內牙本質 (secrete intratubular dentin)。

- 最先被分泌到細胞外的膠原纖維較粗大，稱為 von Korff 纖維，主要由第三型膠原所構成，與基底膜垂直。隨著 odontoblast 體積增大，一些小的第一型膠原纖維產生，並且與未來的 DEJ 平行。Odontoblast 體積增大，細胞外間隙消失，細胞向基底膜伸出短的突起（注意此短的突起，有時會伸入 enamel matrix 之中而形成 enamel splindle），細胞本體向牙髓中央移動，最後留下 process 埋在基質當中（即後來的 odontoblastic process）。

Pattern of mineralization，礦化的型態

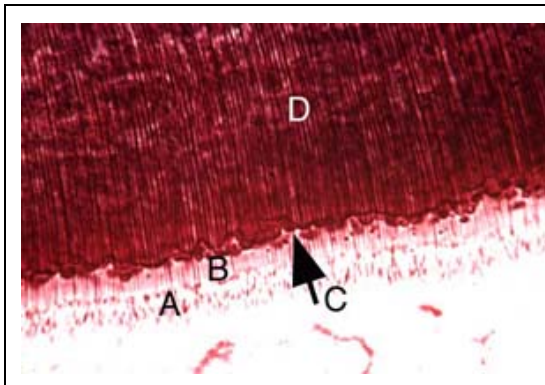
- 球狀鈣化 (globular calcification)

1. 過程：

- (1) 結晶堆積在不同位置的基質。
- (2) 形成球狀物 (globular masses)。
- (3) 球狀物變大並融合形成單一鈣化物 (single calcified mass)。

2. 特徵：

- (1) 在 mantle dentin 最為常見。
- (2) 球狀物的大小由牙本質的堆積速率決定。鈣球愈大表示牙本質形成速率愈快。

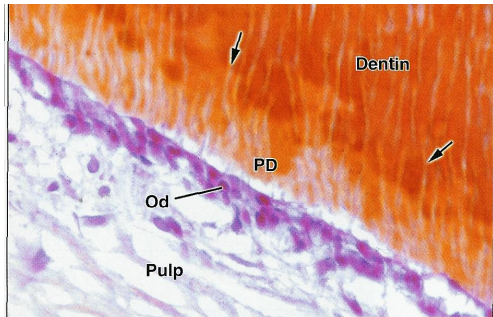
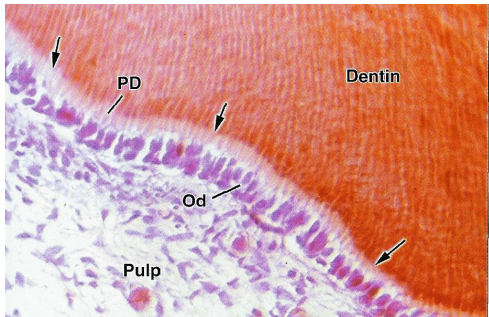


圖中的牙本質形成就是先形成很多的小圓球 (globular masses) 並且擴大，再彼此融合在一起。

- 線狀鈣化 (linear calcification)：表示牙本質形成速率較慢

- 結論：

1. 在環牙髓牙本質 (circumpulpal dentin，即 primary dentin) 中，礦化的進行可為球狀或線狀模式。
2. 由牙本質的形成速率決定為球狀或線狀鈣化。

Globular mineralization	Linear mineralization
	
<ul style="list-style-type: none"> ● 鈣化時有圓球狀產生，形成較快。 ● 鈣化程度高染色深，反之染色淺。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 鈣化前端為直線形。

- 牙根牙本質 (root dentin) 的形成：
 1. 牙根牙本質形成過程與牙冠牙本質有些微不同：牙根牙本質沉積速率較慢；mantle dentin 膠原纖維排列方向不同。
 2. 這些直徑較大的膠原纖維並非如牙冠處的纖維一樣垂直於上皮基底膜，而是與其平行。(因為排列方向不同的關係，所以牙冠牙本質最外層稱為 mantle dentin，但牙根牙本質最外層則稱為 hyaline layer。)
- 繼生牙本質¹ (secondary dentin) 的形成：
 1. 繼生牙本質的形成過程與原生牙本質基本相同，只是速度慢了許多並且礦化程度較低。
 2. 若形成及礦化的速率與原生牙本質相同，牙髓腔縮小的速率會變更快。(問題與思考：若兩者速率相同，會對臨床造成什麼影響？)
- 修復牙本質 (reparative dentin) 的形成：
 1. 第三代 (或稱修復性) 牙本質，經常是牙齒受到傷害時 (如刷牙方式不正確、蛀牙等) 的反應，所以會堆積在特定的地方。
 2. 形成速率和受傷程度成正相關，受傷害越重則堆積越快，一天最多可達到 3.5 μm 的厚度。
 3. 由於堆積速度很快，牙本質母細胞往往被其新形成之基質困住，造成牙本質小管型態扭曲。此外，細胞本體也有可能被包覆在基質內，形成如骨頭結構的 osteodentin。(這部份在底下會詳細說明。)

¹此處這三種牙本質的中文翻譯 (原生、繼生、第三代) 是依照中華牙醫學線上辭典第六版的翻譯 (<http://www.ads.org.tw/front/bin/ptlist.phtml?Category=274603>)。不過我比較習慣以前的名稱：初級、次級、三級牙本質。各位同學只要知道這是翻譯用詞的不同，記英文還是比較正確。

國考題

107-2-51.

關於牙根牙本質形成的敘述，下列何者正確？

- A. 牙本質磷蛋白 (dentin phosphoprotein) 的形成於牙根部快於牙冠部
- B. 牙根牙本質的結構和組成與牙冠牙本質相同
- C. 赫威氏上皮根鞘細胞 (epithelial cells of Hertwig's root sheath) 能促使牙根造牙本質細胞分化
- D. 與牙骨質膠原蛋白纖維無關

104-2-52.

下列有關根部牙本質之敘述，何者正確？

- A. 形成時需要赫威氏上皮根鞘 (Hertwig's epithelial root sheath)
- B. 牙根完成後就不再製造
- C. 發育上因根部無造釉細胞，故無造牙本質細胞之分化
- D. 被覆牙本質膠原纖維之走向與根面垂直

牙本質的組成及特色

● 組成

By weight	By volume
70% inorganic material	45% inorganic material
20% organic material	33% organic material
10% water	22% water

- 牙本質大部份為礦化的間質，其中有細小的膠原纖維，主要為第一型。纖維的排列大部份與牙本質小管垂直而與牙齒表面平行，彼此交織成網狀。(牙本質膠原纖維的型態與纖維排列方式在前面已有提到，請再回想一下。)
- 無機物主要由氫氧磷灰石 (hydroxyapatite) 組成，和 enamel 相同。
- 有機物含量比牙釉質高，再加上內含液體的牙本質小管，這兩種構造可容許牙本質在受到壓力之下有輕微變形的能力。這個特徵很重要，因為其上的牙釉質本身礦化程度高，物理性質易碎，當在接受咬合力量時，牙本質的彈性可以當作緩衝墊，讓牙釉質不致於碎裂。
- 牙本質的組成、硬度以及礦化程度並非平均分佈於同一顆牙齒，而是要看其解剖位置及牙本質硬化的程度。(至於如何分布，書本上沒有說明。)
- 四種硬組織的化學組成：(這張表很重要，要背起來。)

Hard tissues	Enamel	Dentin	Bone	Cementum
Inorganic	96%	70%	67%	50%
Organic, water	4%	30%	33%	50%

● 牙本質和骨組織的差異：

- 牙本質沒有血管，其基質中也沒有細胞體的存在（硬骨中的細胞稱為 osteocyte，但牙本質中沒有類似的細胞 odontocyte）；硬骨則有哈氏系統供應營養。
- 硬骨有持續重塑 (remodeling) 的能力，例如做牙齒矯正時，受壓力的骨頭會被吸收，受到張力（另一側）的骨頭則是沉積新生骨，這種重塑的能力可使牙齒移動，但牙本質沒有持續吸收再沉積的能力。
- 牙冠部牙本質被牙釉質覆蓋，牙根部牙本質被牙骨質覆蓋，即牙本質外圍皆被不同的硬組織覆蓋，而硬骨周圍則是骨膜或結締組織等軟組織。

● 牙本質的物理特性

1. 比硬骨與牙骨質硬。
2. 比牙釉質軟，可從 X 光片看出其差異，如右圖²。
3. 顏色淡黃，與牙釉質的厚度決定出臨床牙齒的顏色³。
4. 牙本質的彈性程度，在抗壓強度、抗張強度、彎曲強度都比牙釉質好，可以避免覆蓋其上易碎之牙釉質斷裂。



²牙科放射線學在大四的時候會學到。牙釉質因鈣化程度比牙本質高，因此可阻擋較多 X 光線穿透到底片上，稱為放射線阻透性。在顯像之後，可見在牙釉質的位置呈現比牙本質更白的影像。而牙髓腔屬於軟組織，對放射線的阻透性幾乎是零，因此所呈現出來的影像為黑色。在底片上所見白色的影像稱為 radiopaque，不透射線；黑色的影像則稱為 radiolucent，透射線的。這種因鈣化程度不同在底片所呈現的不同程度的黑白影像，可幫助我們辨認正常的硬組織解剖構造之外，也可以用在診斷上，例如唾液腺結石、顎骨內病變等，這些在大三的口腔病理學及大四牙科放射線學都是很重要的內容。

³乳牙牙釉質較不透明，所以乳牙看起來都比較白。恆牙牙釉質透明度比乳牙高，所以牙本質的顏色會透出來，而呈現不同程度的黃色。隨著年齡增加，繼生牙本質堆積愈多，牙齒的顏色就會愈黃。現代人講求美觀，會要求牙齒美白，但在歷史上有將牙齒染成黑色的習俗。以下節錄維基百科對於「染黑齒」的說明：染黑齒，又稱漆齒、墨齒、涅齒，是中國大陸部分地區、日本、越南、台灣原住民、東南亞、印度一些太平洋島嶼如帛琉、雅浦島、馬里亞納群島等地區民族一種傳統風俗，即將牙齒染成黑色。每個民族、地區的染黑齒方式有所不同，但一般都與成人禮、婚禮等通過儀禮相關。東亞地區的染黑齒習俗起源甚早，戰國時期的《山海經》記載有「黑齒之國」，後人考證是指魯地。郭璞引《東夷傳》指黑齒國在裸國東南，而裸國在倭國東面四十餘里，後人推測即日本。《逸周書》、《楚辭》、《戰國策》、《異物志》等都有黑齒、漆齒的記載，這些文獻中所指的黑齒或漆齒位於中土的西方、南方，即當時除北方之外，中土周圍都有黑齒民族。唐代以後的文獻如《雲南志》《南詔德化碑》、《五雜俎》、《粵西文載》中，亦有關於嶺南、西南地區人們染黑齒的描述，明代及之前染黑齒不限於少數民族，一些嶺南漢人亦有染黑齒。至清代中國受滿族統治，漢人正統、華夷之辨的觀念加強，以及「中央／邊區」和「貴族／平民」等對比意識的尖銳化，才被土人視為「蠻俗」而加以貶抑。在日本，這種習俗被稱為「お齒黒」、「齒黒め」。《山海經》中曾經提到過東海之上的黑齒國，而在古墳時代墓葬中發現的人骨和埴輪都有染黑牙齒的跡象。《古事記》也有記載武尊天皇和應神天皇時期的美女是染黑齒的。最初是以果實染齒。平安時代起，鑑真和尚從中國引進製鐵技術至日本出雲國一帶，使當地發展出一種稱為「香登黑齒方」的染黑齒技術，自此染黑齒也被稱為「鉄漿付け」。在《源氏物語》、《堤中納言物語》中都有對日本貴族染黑齒的描述。在越南，染黑齒的習俗亦很常見，當地民歌笑白齒「如呆齒」、「像大齒」。朝鮮王朝文獻《北轅錄》記載朝鮮使節看到越南官員染黑齒。朝鮮另一文獻《趙完壁傳》亦有描述越南長者漆齒。

國考題

102-1-56.

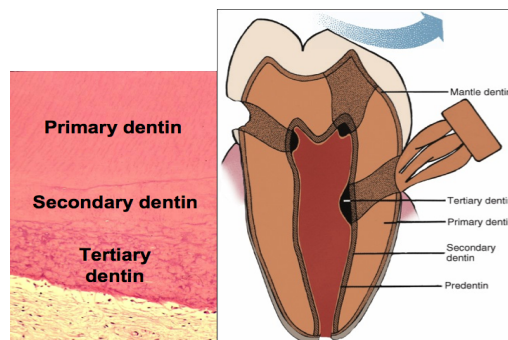
以體積論，成熟牙本質內的無機物（inorganic material）占多少比例？

- A. 70% B. 45% C. 33% D. 22%

Types of dentin，牙本質的型態

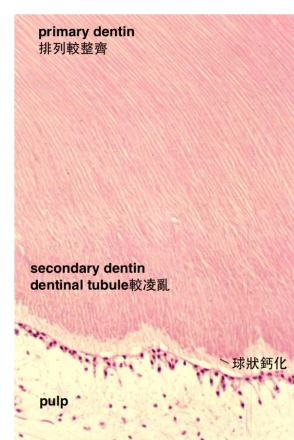
● 原生牙本質 (primary dentin)

1. 原生牙本質指牙齒發育過程中所形成的牙本質，構成牙本質的主體。
2. 又稱為 **circumpulpal dentin**，是因為它包圍在 **pulp** 的周圍。
3. **Mantle dentin**：在牙本質的最外層，在牙冠部可見。礦化的方式與原生牙本質不一樣。



● 繼生牙本質 (secondary dentin)

1. 繼生牙本質指牙根發育完全所形成的牙本質。終其一生都會生長，所以 **pulp** 會越來越小。其形成速率和食物與牙齒所承受的咬合力有關。較大的摩擦性食物和較大的咬合力對形成有較大的刺激性。
2. 生長速率較慢，也有小管結構，但比原生牙本質亂。繼生牙本質也比原生牙本質更容易出現硬化 (**sclerosis**，牙本質小管內充滿鈣化物質) 的現象。
3. 在厚度為不規則的分布，最厚的地方在牙髓腔的頂部和底部。
4. 通透性較低，可保護牙髓腔。因為細菌可經由 **dentinal tubules** 直接通到牙髓腔，會對牙齒造成很大的傷害。**Secondary dentin** 較亂的小管構造，可以降低通透性，牙髓腔有足夠的時間去形成保護構造，此保護的構造為 **tertiary dentin**。



● 第三代牙本質 (tertiary dentin)

1. 又稱為反應性牙本質 (**reactive dentin**) 或修復性牙本質 (**reparative dentin**)。(這兩個名詞不同，是因為它形成的來源不同，底下會提到。)



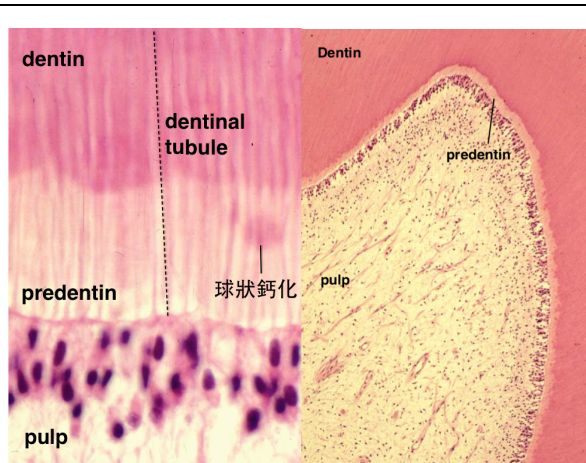
2. 不像 secondary dentin 終其一生都會生長，tertiary dentin 是受到刺激才會生長。因為刺激往往沿著牙本質小管傳導，因此修復性牙本質僅沉積在受刺激的牙本質小管相對應的牙髓處。
3. 排列不規則且鈣化程度低，所以和繼生牙本質有明顯的交界。
4. 其質與量與受刺激的強度和持續時間成正比。
5. 因為是最後一道防線，很少或幾乎沒有 dentinal tubules，可形成一道牆來阻擋細菌的入侵。其排列方式非常不規則，原因也是為了要阻擋細菌入侵。
6. 反應性牙本質 (reactionary dentin)：由之前就存在的牙本質母細胞受到輕微刺激所產生。
7. 修復性牙本質 (reparative dentin)：由新分化的類牙本質母細胞 (odontoblast-like) 受到比較嚴重傷害所產生。當牙髓中未分化的間葉細胞受到刺激後，分化出 odontoblasts，之後再製造 reparative dentin。

● 骨性牙本質 (osteodentin)



- 在修復性牙本質形成過程中，odontoblast 常可包埋在形成很快的間質中，以後這些細胞變性而留下一個空隙，形態很像骨組織。這種含有細胞的牙本質稱之為骨性牙本質。
- 和 osteocyte 類似：osteocyte 在製造 bone matrix 的過程中將其包覆起來形成 lacunae。

● 牙本前質 (predentin)



- 牙本質的形成是一個有順序的過程，由 odontoblast 分泌基質再進一步產生鈣化。因為牙本質終其一生不斷在形成，所以在 odontoblast 和鈣化的牙本質之間總會存在一層尚未完全鈣化的牙本質，稱之為 predentin，在染色上比成熟的牙本質要淡。
- 和鈣化的牙本質之間界限清楚，呈現不規則的形狀，厚度約

	<p>10~50 μm，可見鈣化小球。因為牙本質形成的速率在發育完成的牙齒比發育中的牙齒慢，所以發育完成後的 predentin 較薄。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 排列在牙本質的最內層。 ● 隨著年齡而變薄。
--	---

● 被覆牙本質 (mantle dentin)



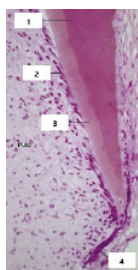
- 鈣化程度較低。
- 膠原纖維 (type III) 垂直 DEJ。
- 可用偏光顯微鏡來和 **primary dentin** 分辨。
- 在這個區域有豐富的牙本質小管分支。
- 在基質泡的存在下產生鈣化。

國考題

109-2-48.

下列何者是最先形成的牙本質？

- A. 修復性牙本質 (reparative dentin) B. 繼生牙本質 (secondary dentin)
C. 三級牙本質 (tertiary dentin) D. **被覆牙本質 (mantle dentin)**



109-2-46.

如圖所示，牙本前質 (predentin) 位於下列那一編號位置？

- A. 1
B. 2
C. **3**
D. 4

105-1-51.

下列何者不屬三級牙本質 (tertiary dentin) ？

- A. **被覆牙本質 (mantle dentin)** B. 修復性牙本質 (reparative dentin)
C. 反應性牙本質 (reactive dentin) D. 骨性牙本質 (osteodentin)

104-1-52.

下列有關修復性牙本質 (reparative dentin) 之敘述，何者正確？

- A. 由齒濾泡細胞 (dental follicle cells) 製造
- B. 高度排列整齊的牙本質層
- C. 組織學上與環髓牙本質無法區分
- D. 可保護牙髓細胞

103-2-51.

下列有關原生牙本質 (primary dentin) 與繼生牙本質 (secondary dentin) 中礦化物質與有機物質的比值，何者正確？

- A. 前者為高 B. 後者為高 C. 兩者相當 D. 兩者無法比較

103-2-52.

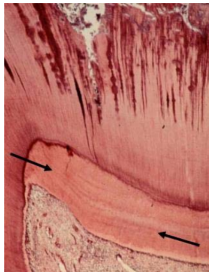
下列何者不屬於三級牙本質 (tertiary dentin) ？

- A. 反應性牙本質 (reactionary dentin) B. 骨性牙本質 (osteodentin)
- C. 管周牙本質 (peritubular dentin) D. 修復性牙本質 (reparative dentin)

100-2-50.

下列有關繼生牙本質 (secondary dentin) 之敘述，何者錯誤？

- A. 牙根完全形成才開始製造
- B. 礦物質和有機物比例與原生牙本質不同
- C. 由製造原生牙本質相同的細胞所製造
- D. 形成速率比原生牙本質慢



100-2-63, 98-1-64.

下圖為齶齒牙齒之組織學照片，圖片中箭頭所指之構造為下列何者？

- A. 原生牙本質 (primary dentin)
- B. 繼生牙本質 (secondary dentin)
- C. 修補性牙本質 (reparative dentin)
- D. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)

100-1-52, 96-1-49.

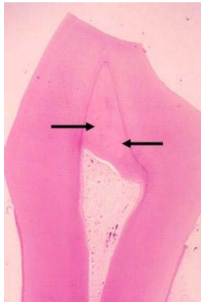
修復性牙本質 (reparative dentin) 形成時，其膠原蛋白 (collagen) 與非膠原基質蛋白 (noncollagenous matrix proteins) 產量的變化為何？

- A. 前者變高，後者變低 B. 前者變低，後者變高 C. 兩者皆變高 D. 兩者皆變低

99-2-50, 96-1-51.

齶齒或牙齒磨耗 (abrasion) 時，牙髓腔內會產生：

- A. 原生牙本質 (primary dentin) B. 管間牙本質 (intertubular dentin)
- C. 死道 (dead tracts) D. 修復性牙本質 (reparative dentin)



99-2-66.

左圖為咬耗 (attrition) 乳牙犬齒之組織學照片，圖中箭頭所指之構造為下列何者？

- A. 原生牙本質 (primary dentin)
- B. 繼生牙本質 (secondary dentin)
- C. 修補性牙本質 (reparative dentin)
- D. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)

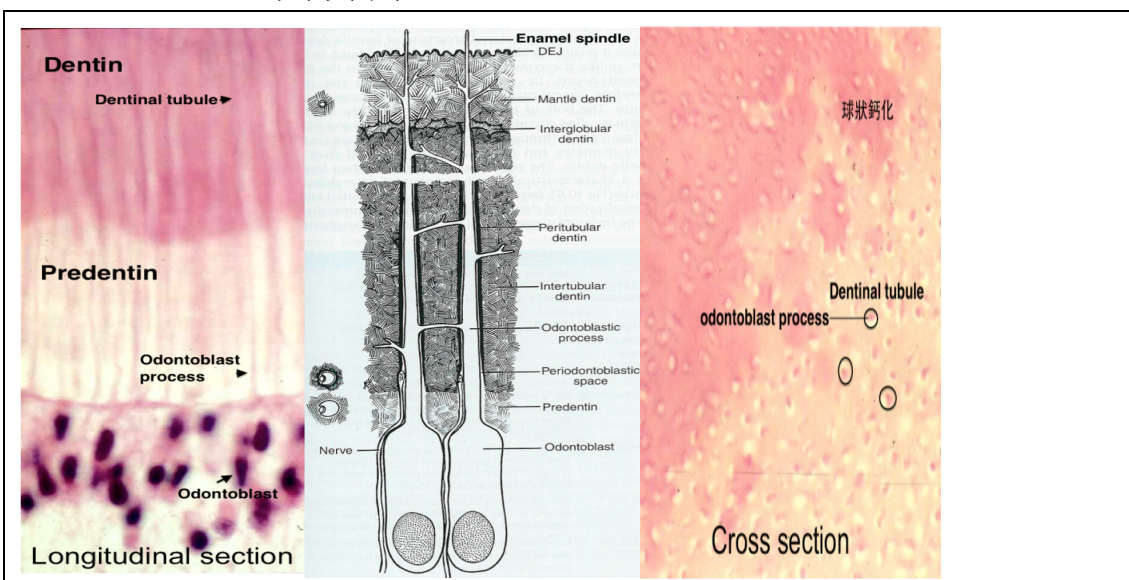
96-2-53, 108-1-51.

牙齒主體部分由下列何者形成？

- A. 原生牙本質 (primary dentin)
- B. 繼生牙本質 (secondary dentin)
- C. 三級牙本質 (tertiary dentin)
- D. 修復性牙本質 (reparative dentin)

牙本質的基本結構

Dentinal tubules, 牙本質小管⁴



- 牙本質小管為貫穿牙本質整層的管狀空間。
- 牙本質小管內有牙本質母細胞的突起，稱為 odontoblast process。
- 牙本質小管中充滿了組織液，而造牙本質細胞突 (odontoblast process) 占據於小管中。⁵
- 牙本質小管之間互有交通，形成提供養分的網絡。
- 牙本質小管全長乃由 DEJ 至牙髓，在牙冠部由牙本質外層至牙髓周圍呈現 S 形，此 S 形彎曲又稱初級彎曲。

國考題

101-1-49, 96-1-50.

下列有關牙本質的敘述，何者正確？

- A. 牙本質小管包住牙本質細胞
- B. 牙本質細胞突不會延伸到牙本質牙釉質交界

⁴牙本質首度被發現具有許多微細小管是在 1722 年，由 Dr. Leeuwenhoek 以顯微鏡觀察到。在經過一百多年後，由 Dr. Frankel (1835) 與 Dr. Muller (1836) 將這些微細的小管結構命名為 dentinal tubule。(黃耀慧。諸多牙齒酸痛傳導理論中，「液體動力學說」獨排眾議的原因。台灣牙醫界；2009; 28(10): p20)

⁵牙本質小管的內含物，在 1841 年，Dr. Henle 發現在牙本質小管中應該有液體流動的現象（此液體流動的現象為牙本質敏感的重要理論依據之一，會在牙髓一章提到）。1856 年，Dr. Tomes 發現牙本質小管中除了有液體存在之外，還含有 odontoblastic process。因為 Dr. Tomes 是第一位發現在牙本質小管中有突觸的存在，因此 odontoblastic process 又稱為 Tomes' fibril 或 dentinal fibril。1868 年，Dr. Boll 發現牙本質小管中有來自於牙髓的神經纖維的存在。因此，自 1772 年首先發現牙本質小管的結構之後，經過 146 年的研究，才瞭解在牙本質小管中有組織液、odontoblastic process、以及神經纖維等三種結構的存在。(黃耀慧。諸多牙齒酸痛傳導理論中，「液體動力學說」獨排眾議的原因。台灣牙醫界；2009; 28(10): p20)

- C. 所有牙本質細胞突都完全被管周牙本質 (peritubular dentin) 所環繞
- D. 整個牙本質細胞突的直徑都一樣大小

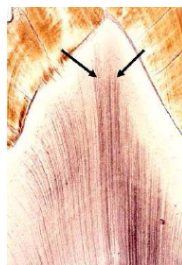
● S 形牙本質小管



- 也可稱為初級曲線 (primary curve)，其方向為先往牙冠方向彎曲，再往根尖方向彎曲。簡而言之，彎曲的型態是先往上再往下。
- 形成的原因為，當牙本質母細胞往牙髓中心移動時，因為空間逐漸變小，牙本質母細胞受到擠壓，部分細胞會選擇性的細胞凋亡。
- 在牙根、牙尖及門齒切緣下方不明顯，在這些位置的牙本質小管幾乎呈直線。而在齒頸部則可見較彎曲的曲線。

國考題

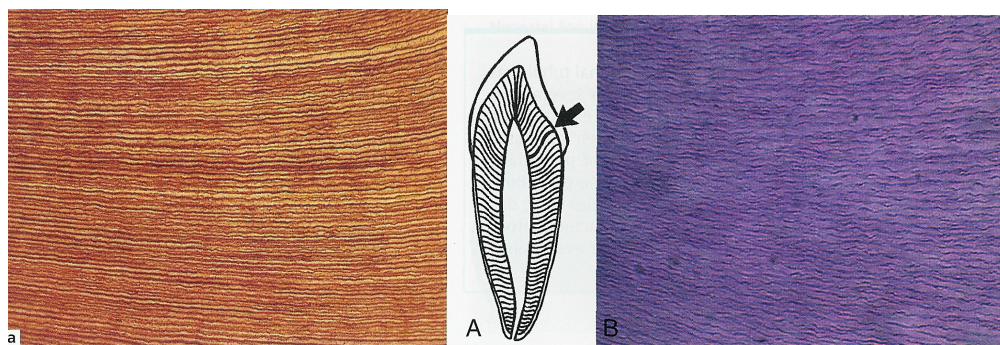
108-1-52.



下圖為牙齒磨片 (ground section) 之組織學照片，箭頭所指垂直線條狀之構造為下列何者？

- A. 牙釉柱 (enamel rod)
- B. 牙釉梭 (enamel spindle)
- C. 牙本質管 (dentinal tubule)
- D. 牙本質橫嵴 (dentinal perikymata)

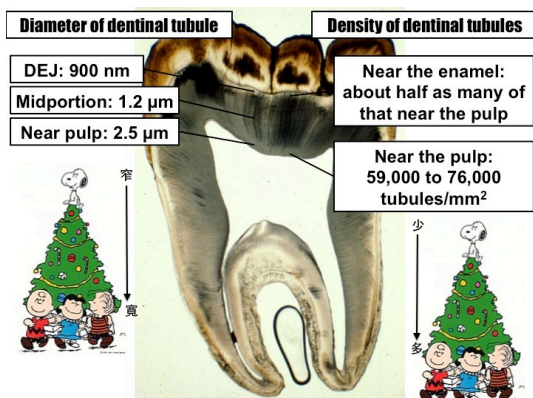
● 二級曲線 (secondary curvature)



在基質形成與礦化時，odontoblast process 會有小型螺旋狀的起伏，稱為

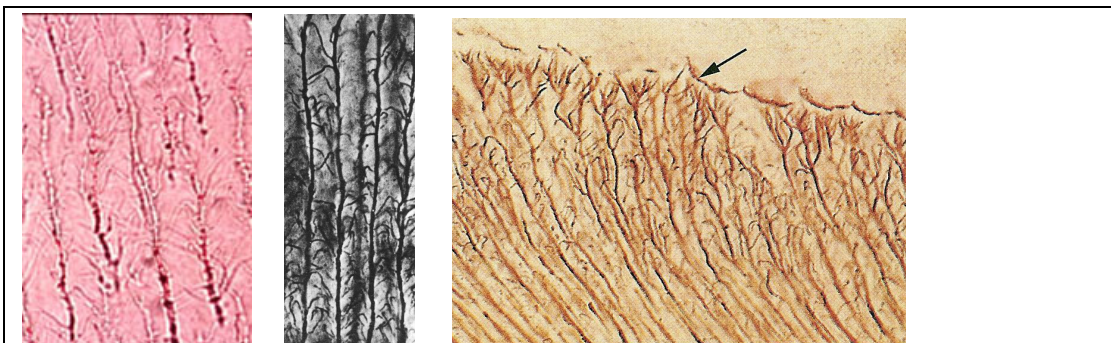
secondary curvature，像玉米鬚一樣的捲曲，如上圖左右。上圖中間為 primary curvature，可與左右兩圖做比較。

- 牙本質小管在近 DEJ 處與近牙髓處之直徑與密度的比較，以聖誕樹和 Snoopy 幫助記憶。看直徑時，比照樹的頂端比較窄，底端比較寬。看密度時，比照樹的頂端人物密度比較稀，只有一隻，底端比較密，有三隻。

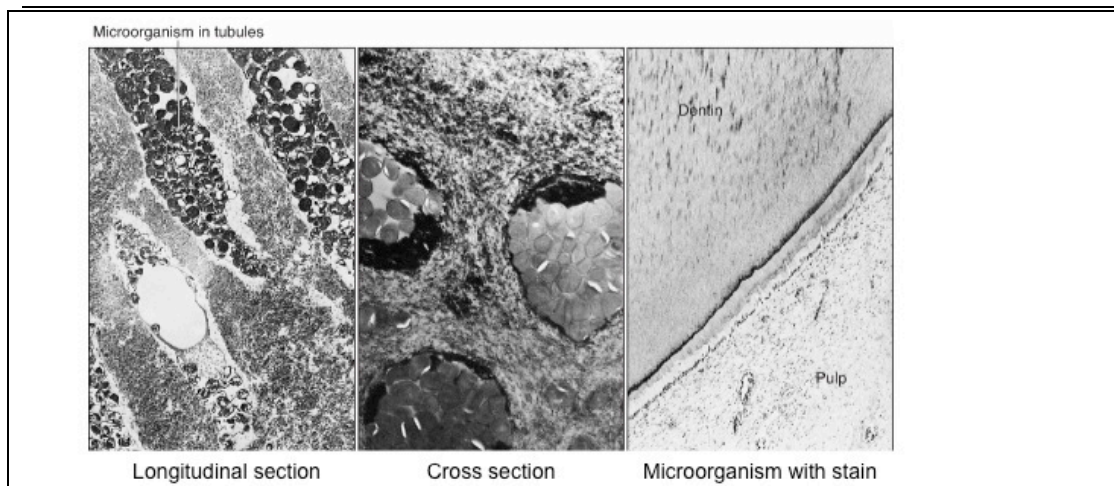


- 牙本質小管的密度：近牙髓處 > 近 DEJ 處，齒頸部 > 牙根；牙髓頰側、舌側壁 > 近心測、遠心側壁。
- Dentinal tubules 近牙髓處直徑約 2.4 μm 。年輕人的小白齒與白齒牙冠部的近牙髓面 59,000~76,000 根/ mm^2 ；在近釉質區則數目僅剩一半。原因為牙髓空間變小，使 odontoblasts 更擁擠。

- 牙本質小管的分支



- 使牙本質具有通透性。
- 形成豐富的、互相吻合的小管系統。
- 在靠近 DEJ 有有最多的牙本質小管分支，如上圖右箭頭所示。
- 牙根處比牙冠處常見，這也是牙齦萎縮的病人牙齒較敏感的原因。
- 提供齲齒之細菌入侵的通道，如下圖所示。
- 用於牙體復形的藥物和化學物質，會藉由牙本質小管的分支入侵牙本質，且會造成牙髓傷害。



國考題

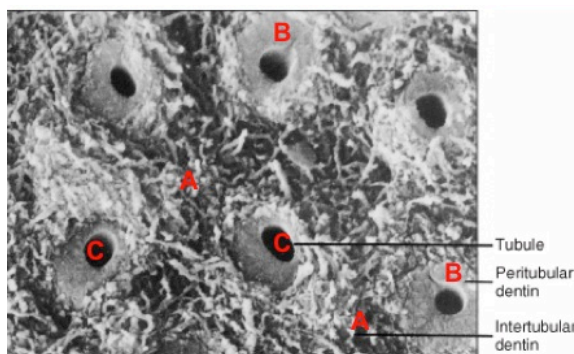
101-1-63, 98-1-65.

下列何種牙本質結構最容易造成齲齒的快速發展？

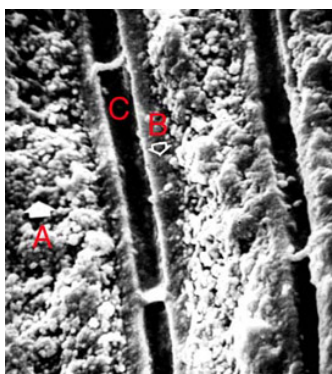
- A. 牙本質小管 (dentinal tubule) B. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)
C. 管周牙本質 (peritubular dentin) D. 管間牙本質 (intertubular dentin)

● 管周牙本質 (peritubular dentin)

1. 又稱為管內牙本質，呈現環形的圓圈構成小管的壁。鈣化程度高，含膠原纖維極少。
2. 是過度礦化的牙本質環（和管間牙本質相比約超過 40%）。
3. 在接近牙髓處寬約 44 nm；接近 DEJ 處寬約 750 nm。
4. 靠近牙髓處，因牙本質小管密度較高，所以 peritubular dentin 不會太厚。



● 管間牙本質 (intertubular dentin)



- 管間牙本質是位於管周牙本質之間的牙本質，在牙齒發育期間 odontoblast 最先分泌的產物。
- 包含第一型膠原纖維，有磷灰石結晶沉積。

國考題

104-2-51.

下列何者是鈣化程度最低之牙本質 (dentin) ?

- A. 管周牙本質 (peritubular dentin) B. 管間牙本質 (intertubular dentin)
C. 球間牙本質 (interglobular dentin) D. 被覆牙本質 (mantle dentin)

104-1-51.

管間牙本質 (intertubular dentin) 最主要由那一型膠原細纖維 (collagen fibrils) 所構成? A. 第一型 B. 第二型 C. 第三型 D. 第四型

101-2-54.

下列關於牙本質小管 (dentinal tubule) 之敘述，何者正確?

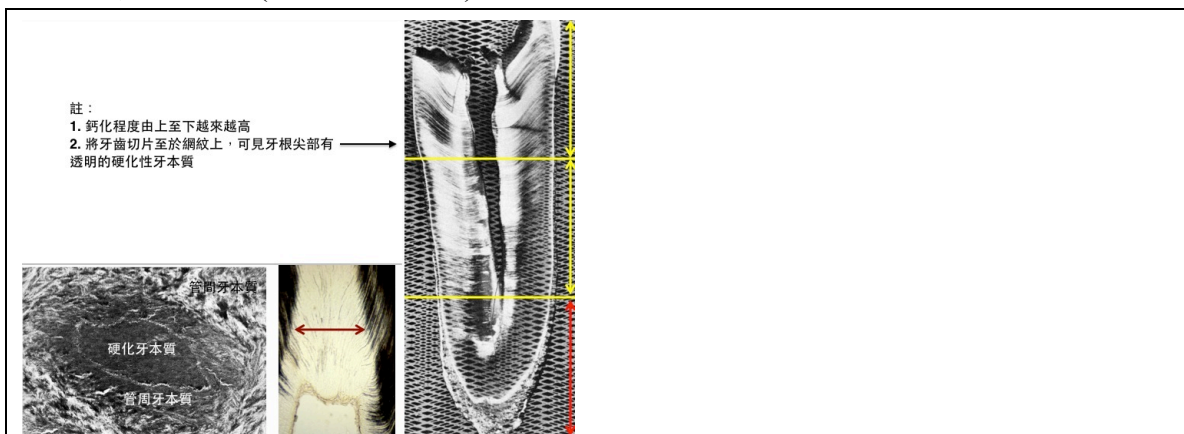
- A. 靠牙釉質處直徑大於靠牙髓處
B. 靠牙釉質處密度大於靠牙髓處
C. 牙根牙本質小管大部分呈S型
D. 牙根牙本質的側枝較牙冠牙本質為多

97-2-52.

管間牙本質 (intertubular dentin) 與管周牙本質 (peritubular dentin) 的礦質化 (mineralization) 程度之敘述，下列何者正確?

- A. 前者較高 B. 後者較高 C. 兩者相等 D. 無法比較

● 硬化牙本質 (sclerotic dentin)



- Sclerotic dentin = transparent dentin (透明牙本質) = translucent dentin，因為牙本質小管和周圍間質的折光率沒有明顯差異，所以在磨片上呈現透明狀。
- 被鈣化的物質所堵塞封閉住所形成。
- 擁有跟玻璃一樣的透明度。
- 隨著年齡的增長而增加。
- 最常見於牙根根尖 1/3 處 (apical 1/3)，如上圖右，在牙根尖處透出網紋的區域代表 sclerotic dentin，以及在牙冠中間處的 DEJ 和牙髓腔之間。
- 硬化牙本質有以下幾種產生方式：

1. 管周牙本質持續的堆積。
2. 管內礦物質的沉積，但無牙本質的生成。
3. 廣泛性礦化 (diffuse mineralization)，但造牙本質細胞突仍具有活性。
4. 造牙本質細胞突和牙本質小管內物質自體礦化。

國考題

107-2-52.



下圖為咬耗 (attrition) 牙齒磨片 (ground section) 以透過性光 (transmitted light) 為光源，所拍攝之組織學照片，圖片中箭頭所指之構造為下列何者？

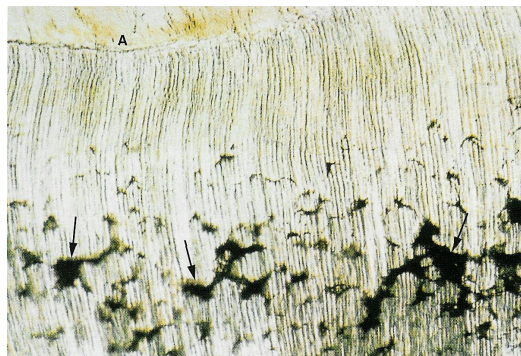
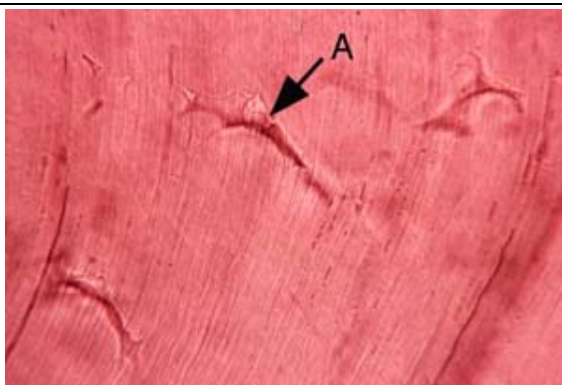
- A. 牙本前質 (predentin)
- B. 套膜牙本質 (mantle dentin)
- C. 骨性牙本質 (osteodentin)
- D. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)

107-1-52.

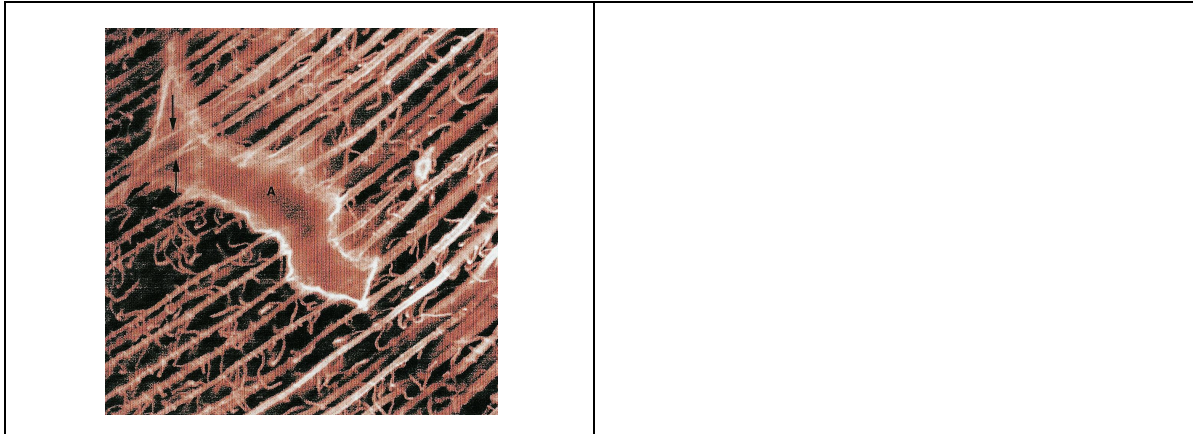
硬化牙本質 (sclerotic dentin) 最常見於下列何部位？

- A. 根部上三分之一
- B. 根部中三分之一
- C. 根部下三分之一
- D. 牙冠頂部

● 球間牙本質 (interglobular dentin)



- 牙本質主要是球形鈣化，由很多鈣質小球融合而成。在牙本質鈣化不良時，鈣質小球間遺留一些尚未被鈣化的間質稱為球間牙本質。
- 主要分佈在牙冠部接近 DEJ 的地方，沿著牙齒的生長線分佈，大小形態不規則，邊緣凹陷，像許多相接球體之間的空隙。其中仍有牙本質小管通過，但沒有管周牙本質的結構。
- 特別容易出現在以下兩個情況：維生素 D 缺乏及在牙本質形成過程中，使用高單位的氟。
- 大量存在於 mantle dentin 和 primary dentin 之間，這是由於牙本質剛形成時快速礦化所造成。
- 看起來雖然像是缺陷，但不會中斷牙本質小管的連續性，即球間牙本質仍可見牙本質小管通過。



國考題

109-2-49.

牙本質形成時，若個體攝取過多氟離子，將導致下列何種構造變得較明顯易見？

- A. 管間牙本質 (intertubular dentin)
- B. 球間牙本質 (interglobular dentin)
- C. 管周牙本質 (peritubular dentin)
- D. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)

101-2-52.

有關球間牙本質 (interglobular dentin) 的敘述，下列何者正確？

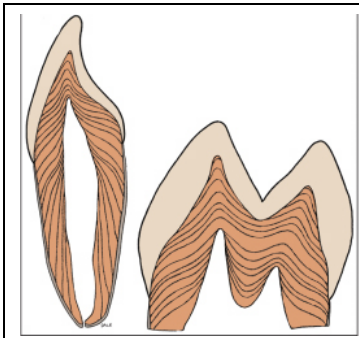
- A. 為一高度礦化區域
- B. 無管周牙本質 (peritubular dentin)
- C. 最常出現於繼生牙本質 (secondary dentin) 附近
- D. 常見於牙本質形成時過度使用含氯 (chloride) 物質者

97-1-52.

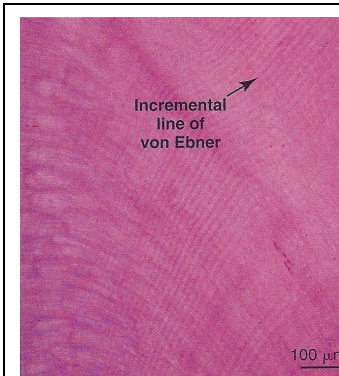
下列關於球間牙本質 (interglobular dentin) 之敘述，何者正確？

- A. 為一低度礦化區域
- B. 為一成熟牙本質 (mature dentin)
- C. 常見於牙本質形成時攝取過多 vitamin D 者
- D. 常見於牙本質形成時過度使用含氯 (chloride) 物質者

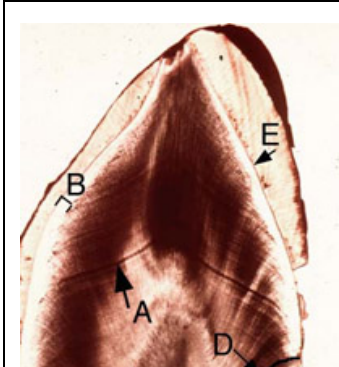
Incremental lines，增生線



- 走向與牙本質小管垂直。
- 表示牙本質規律性的、線性的向內 (inward)、向牙根方向 (rootward) 沉積。
- 由左圖可見增生線有點隨著 cusp 起伏，整體看起來像等高線。



- **Incremental line of von Ebner**：為每隔五天的周期性生長線（請注意比較牙釉質的生長線），其中膠原纖維方向改變。這種五天生長線容易在常規的切片和磨片中觀察到，線與線的間隔約 20 μm ，每天沈積速率約為 4 μm 。當牙齒萌出到達咬合位置時，每天沈積速率約為少於 1 μm 。（問題與思考：牙本質沉積速率減緩對於牙齒有什麼影響？）



- 牙本質發育期間受到障礙則形成加重的生長線，稱為 **contour lines of Owen**，如左圖標示 A，主要是礦化不全所造成。
- 週期性疾病或不當的營養也能在牙齒上造成明顯的外型線。

國考題

107-1-54.

牙本質有機質 (organic matrix) 每日沈積量約為多少？

- A. 1 μm B. 4 μm C. 8 μm D. 20 μm

107-1-51.

下列何者為牙本質 (dentin) 之增生線 (incremental growth lines) ？

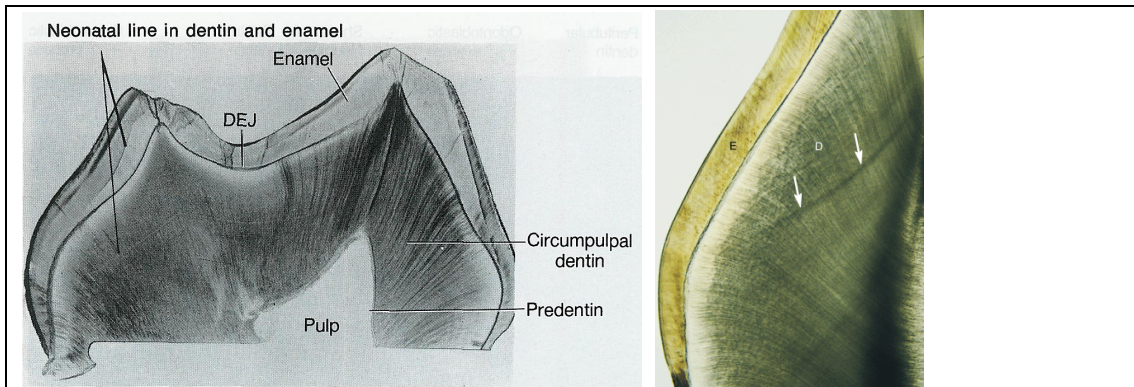
- A. **Contour lines of Owen**
B. Bands of Hunter and Schreger
C. Striae of Retzius
D. von Korff's fibers

98-1-52, 96-2-52, 105-1-52.

牙本質增生線 (incremental line) 稱為下列何者？

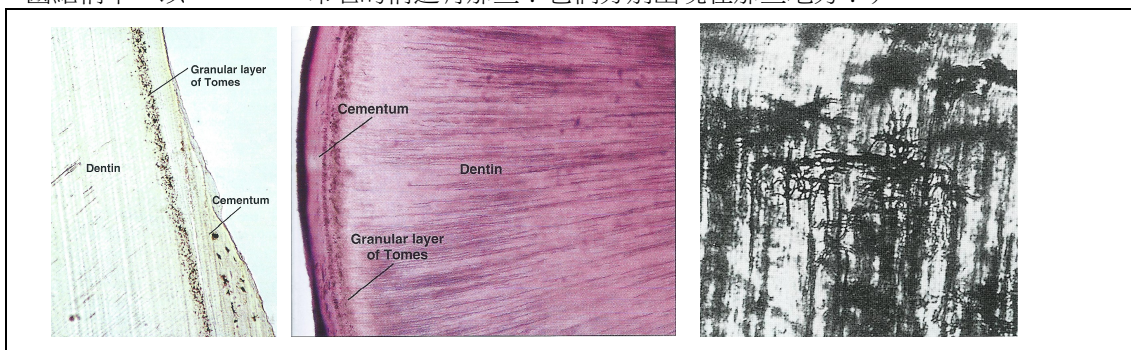
- A. 方艾勃納氏 (Von Ebner) 增生線
- B. 瑞氏 (Retzius) 增生線
- C. 反轉增生線 (reversal line)
- D. 亨特-許雷格帶 (bands of Hunter and Schreger)

Neonatal line, 新生線



- 在縱向的磨片可以看到有一特別寬的線，稱為新生線 (neonatal line)，導因於出生時造成的生理環境劇烈改變，對牙齒礦化產生干擾。

Granular layer of Tomes⁶，湯姆氏顆粒層（問題與思考：請說出目前已學過的牙齒結構中，以“Tomes”命名的構造有那些？它們分別出現在那些地方？）



- 牙本質透明層內側的一層顆粒狀未鈣化區。僅可在牙齒磨片 (ground section) 上觀察到。
- 形成的原因有人認為是牙本質和牙骨質交界處，膠原和非膠原基質的特殊排列所造成。也有人提出在此處牙本質小管分支非常豐富，且分支有迴轉 (loop back) 的現象，造成牙齒磨片上的 air space，在穿透式顯微鏡下可見「樹頂」(tree-top) 樣的外觀，如上圖右。
- 數量從 CEJ 往牙根尖的方向增加。

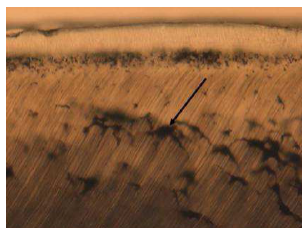
⁶在英國的 The Royal College of Surgeons 的網站上是如此稱呼 Dr. Tomes：“Sir John Tomes: Victorian Dental Pioneer”，顧名思義，他是維多利亞女王時代的牙科先驅，一生致力於改善牙醫的操作與資格 (dental practice and qualifications)，他也創立了英國牙醫師認證的制度。他出生於 1815 年 3 月 21 日。16 歲時，他在 Evesham 當 Thomas Smith 藥師的學徒，六年後成為 Kings College London 的醫學生。在醫學生時期，他便開始研究牙齒，並對於用顯微鏡觀察牙齒切片產生濃厚的興趣。之後他捨棄醫學而選擇牙醫（當時尚未有牙醫資格認證的制度）作為他的職業。他首先在 Kings College Hospital 任職 (Dental Surgeon)，之後到 Middlesex Hospital，並在 Marylebone 有自己的診所。在 1838 年到 1856 年，他提出了五篇論文到 Royal Society 並且在 1850 年成為研究員 (Fellow of the Royal Society)。他早期的論文是觀察人類與動物牙齒的顯微構造，並且與骨頭作比較。他的最後一篇、也是最著名的論文是提出 “Tomes Fibrils” (On the presence of fibrils of soft tissue in the dentinal tubules. 1856)。同時，他也是標誌出 osteoclast 的研究者之一。此外，他還設計了新型態的拔牙鉗（圖片看起來像 cow horn forceps）、研發能快速且正確雕刻象牙假牙 (ivory denture) 的機器 (dentifactor)。他在 1860 年首先提出 “License in Dental Surgery, LDS”，並努力推動只有經過資格認證 (qualified) 且登記 (registration) 的人才可以擔任牙醫的工作。在 1878 年，國會 (Act of Parliament) 通過 “dentist” 這個字限制只能用在被資格認證過的人 (Dentists’ Register in 1878)，而 Dr. Tomes 是登記第一位 (the first on the Dental Register when published in 1879)，也就是英國第一位正式的 dentist (England’s first official dentist)。Dr. Tomes 和其他牙醫界領導人在 1880 年創立 British Dental Association，而他擔任第一屆理事長。他在 1886 年被授以爵士爵位。他也是首先對使用 ether 和 chloroform 為全身麻醉藥作出詳細報告的第一人（在他 1848 年出版的第一本書 “Dental Physiology and Surgery” 中）。他在 1895 年，光緒二十一年，大清帝國將台灣割讓給日本的那一年辭世，遺體葬於 Caterham 的 St. Mary’s Church。Dr. Tomes 最傑出的成就為：“Sir John Tomes was the major 19th century figure who turned dentistry from a trade requiring no qualifications or training, into the profession we recognize today, with a defined course of study, professional examinations and registration, and a body with legal standing in order to ensure standards are maintained.”。以上資料整理自以下兩個網頁：

(<https://www.rcseng.ac.uk/fds/about-the-faculty/history-of-the-faculty>)

(<https://www.rcseng.ac.uk/museums/hunterian/exhibitions/archive/sir-john-tomes-victorian-dental-pioneer>)

國考題

108-2-52.



關於下圖中箭頭所指物質，下列敘述何者正確？ ①為一高度礦化區域②為一低度礦化區域③為球間牙本質（interglobular dentin） ④為管間牙本質（intertubular dentin）

- A. ①③ B. ②③
C. ①④ D. ②④

102-1-55.

有關湯姆士顆粒層（granular layer of Tomes）的敘述，下列何者正確？

- A. 由低度鈣化所造成
B. 需使用偏光顯微鏡（polarizing microscope）才能觀察到
C. 多出現在靠近牙本質牙釉質交界附近
D. 位在牙本質

100-1-54.

下列有關湯姆氏顆粒層（granular layer of Tomes）之敘述，何者正確？

- A. 僅在牙冠部見到 B. 需電子顯微鏡才看得到
C. 越往根部越明顯 D. 屬於一種死道（dead tract）

Classification of dentin by patterns of development

(Modified from Avery JK, *Oral Development and Histology*, 2002; p173)

Structure	Developmental pattern
Primary dentin	Formed before root formation has been completed
Secondary dentin	Formed after root formation has been completed
Tertiary dentin	Formed as a result of a pathologic response; may be reactionary or reparative

Classification of dentin by location

(Avery JK, *Oral Development and Histology*, 2002; p173)

Structure	Location
Mantle dentin	Formed initially in the crown; outer coronal dentin
Circumpulpal dentin	Nearest to the pulp; formed in crown after mantle dentin has been deposited
Intratubular dentin	Found and formed within dentinal tubules; also called peritubular dentin
Intertubular dentin	Found around and between dentinal tubules

Classification of dentin by patterns of mineralization

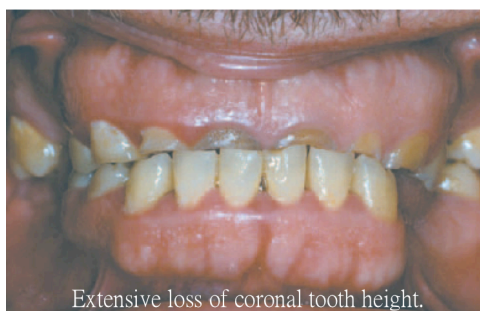
(Modified from Avery JK, *Oral Development and Histology*, 2002; p173)

Structure	Location
Globular dentin	Formed from calcospherites
Interglobular dentin	Hypomineralized dentin between mantle and circumpulpal dentin; normally only found in coronal dentin
Tomes granular layer	In the root dentin just below the cementum
Sclerotic dentin	Hypermineralized, occluding intratubular dentin

Clinical considerations about dentin pathology

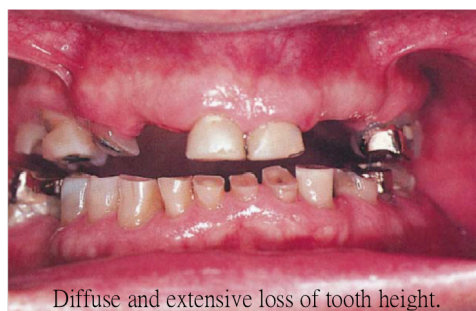
● Attrition, 磨耗

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。



Extensive loss of coronal tooth height.

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



Diffuse and extensive loss of tooth height.

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

● Root dentin exposure

1. 常見於牙齦萎縮的病人，如右圖。
2. 常因吸收食物或其它化學物質的色素而染色，隨著時間變得更黃，甚至會變成棕至黑色。牙本質比牙釉質容易染色的原因是，牙本質比較有通透性、具有孔洞性特徵。牙本質的通透性來自它的高有機質含量與牙本質小管的結構，這兩個特性使得牙本質本身會像海綿一樣容易吸收染色物質，而引起美觀的問題。
3. 可能導致牙本質過度敏感。



FIGURE 13-1 Clinical view of gingival recession. Note the difference in color between the whitish enamel and the yellowish dentin, which has undergone additional staining due to exposure.

● Dental caries

1. 細菌會利用牙本質小管結構入侵至牙髓腔。
2. 一旦細菌由牙釉質破壞至牙本質，其破壞的速度會加速，因為牙本質含有較多有機物質
3. 因為牙本質的 **primary curvature** 的結構，細菌入侵或其它因素所造成的牙髓受影響的位置，會比外圍受損的位置要更靠近牙根。

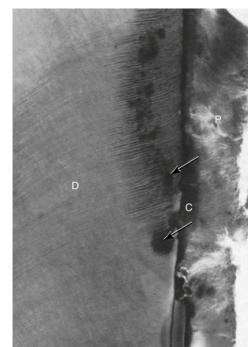


FIGURE 13-8 Photomicrograph of the dental caries showing the cariogenic microorganisms entering the deeper dentin (D) through the dental tubules (direction, arrows). Note that the cementum (C) has already been invaded by the cariogenic microorganisms from the dental biofilm or plaque (P) covering the root area. (From Perry DA, Beensterboer PL, Taggart EJ. Clinical Periodontology for Dental Hygienists, ed 3, WB Saunders, Philadelphia, 2006.)

● Dentin hypersensitivity

1. 牙本質敏感症導因於牙本質的暴露。有許多因素會造成牙本質暴露，如齲齒、窩洞製備、牙齦萎縮、咬耗、治療牙周病過程中的洗牙、使用牙周器械等。
2. 下列因素可能會引起短而尖銳的疼痛：溫度變化，如喝冰水；機械刺激，如超音波震動；或化學物質刺激，如甜食、酸性液體、牙齒美白劑等。
3. 引起鈍及慢性疼痛：齲齒、牙髓或牙齦感染。
4. 機制：和牙本質小管中的組織液流動有關。

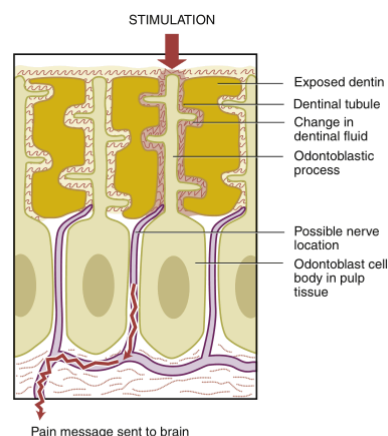


FIGURE 13-9 Possible mechanism involved in the hydrodynamic theory of dentinal hypersensitivity. Stimulation of the exposed dentinal tubules (such as with cold water) causes changes in the dentinal fluid, which is then transmitted to the nerves associated with the odontoblast cell bodies in the pulp tissue.

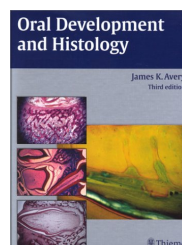
學習評量

1. 什麼是 mantle dentin？出現在牙齒的那個部位？要如何觀察？有什麼特點？其生成過程與 primary dentin 有何不同？
2. 請比較 primary、secondary、tertiary dentin 三者結構的特點與差異。這三種牙本質的名稱有什麼意義？
3. 何謂 osteodentin？其形成的原因為何？
4. 牙本質對牙髓腔體積的大小有什麼影響？有那些臨床意義？
5. 牙本質與牙釉質的化學組成為何？兩者在根尖 X 光片影像的呈現有什麼差異？為什麼？
6. 牙本質的物理性質對於牙釉質而言有什麼臨床意義？
7. 牙本質的生長線有那些？這些生長線代表什麼意義？
8. 請敘述牙本質小管在近牙釉質牙本質交界處與近牙髓處之管徑大小與密度的差異。
9. 牙本質與牙釉質的物理特性對牙齒的顏色有何影響？
10. 市面上有許多宣稱可以治療敏感性牙齒的去敏感牙膏。根據你所學到的牙本質知識，你對這種說法有何看法？

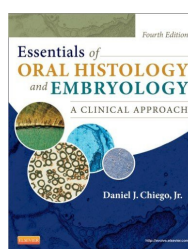
參考資料簡介

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。

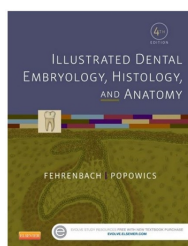
2. Avery JK. Oral Development and Histology, 2002, 第 3 版。這本書有許多精美而詳細的圖片，課程內容採用部份內容與圖片。本書在每一章的最後都有「Self-Evaluation Review」可幫助複習。可惜的是，作者已於 2011 年 4 月過世，目前已無新版。



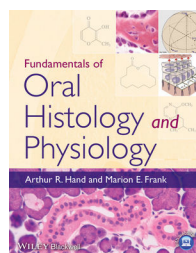
3. Chiego DJ Jr. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach, 2014, 第 4 版。如同它的書名，這本書介紹許多臨床的應用，是一本結合基礎與臨床的好書。它除了有 Avery 那本書精彩的、精美的圖片（Avery 是此書第三版的共同作者）之外，在每介紹一個結構之後，幾乎都會出現一個「clinical comment」的框框，告訴你這個結構和臨床有什麼關係，有時還會有臨床思考題（consider the patient）結合病例的思考。本書每一章最後有自我評量問答題，提供同學們複習指引。本書色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

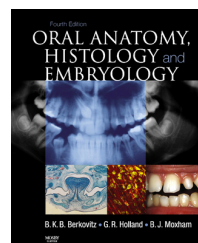


5. Hand AR, Frank ME. Fundamentals of Oral Histology and Physiology. 2014。Fundamentals 系列的口腔醫學相關書籍，相信大家都有接觸過，這應該是它第一本有關口腔組織學的书，同時也講了一些生理方面的知識，內容範圍較廣且深。

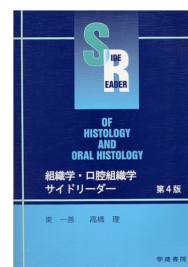


精美的圖片較少，大部分是文字描述。這本書的優點在於每一章節的每一個重要觀念講完之後，會有一個總結歸納的框框，可以當作複習，也可以當作各章節總結歸納的參考。這本書在每一章最後都有詞彙表 (glossary)，可幫助同學複習。「單字遊戲」的題目，部份參考本書的詞彙表。

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。



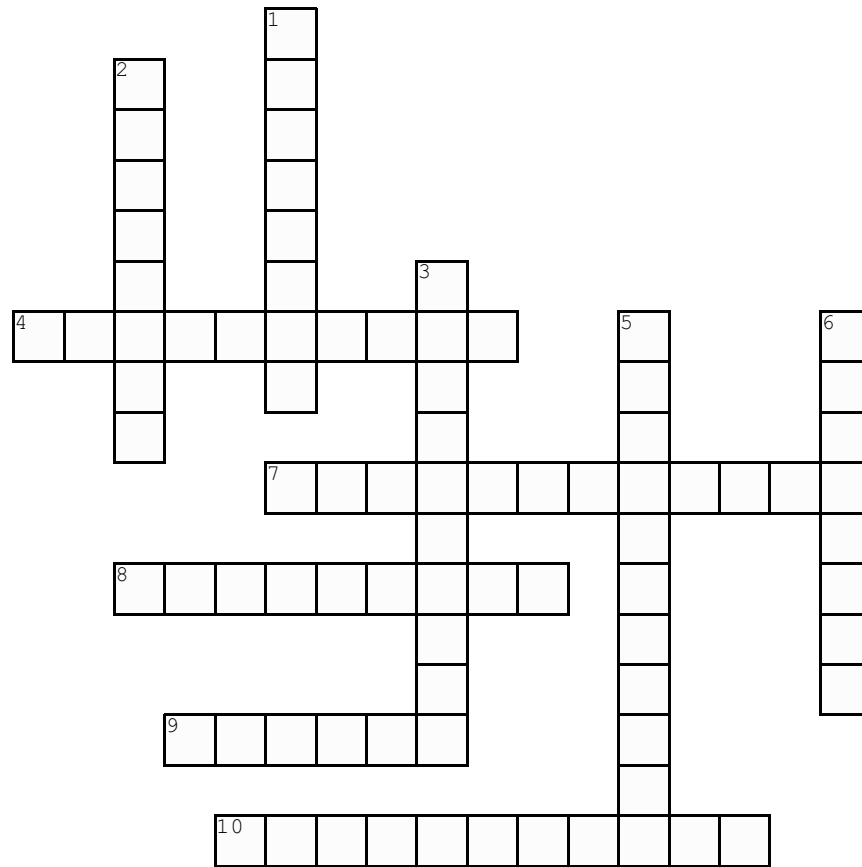
7. 東一善，高橋理。Side Reader of Histology and Oral Histology, 2009, 第4版。本課程「目次」中的「相關學科」一節參考自本書中的「關連科目」。藉由跨學科的連結方式，讓同學先認知同一個觀念會涉及到那些學科，將來學到這些學科就可以回過頭來複習講義以加深印象，加強統整不同學科之間的知識。



Name: _____

Dentin and Pulp

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



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

Across

- 4.** Accentuated contour lines in dentin resulting from disturbances in mineralization.
- 7.** The popular theory that explains the mechanism by which tooth sensitivity is perceived.
- 8.** The initial unmineralized matrix deposited by odontoblasts.
- 9.** The outermost layer of dentin found in crown region adjacent to the DEJ.
- 10.** A bone-like dentin structure that includes osteocytes within lacunae.

Down

- 1.** Thick fibers of type III collagen running between adjacent odontoblasts and inserting into mantle dentin.
- 2.** Incremental lines occurring at five-day intervals during dentin formation.
- 3.** Dentin formed in response to a pulp exposure.
- 5.** The cells responsible for the synthesis and secretion of the dentin extracellular matrix proteins.
- 6.** The name of the network of subodontoblastic nerves.

Dentin and Pulp

Word Search (designed by Yu CH, CSMU)

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

circumpulpal
tertiary
denticle
reparative

raschkow
hydrodynamic
osteodentin

interglobular
mantle
sclerotic