

# 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	Pulp
Owner	

中山醫學大學牙醫學系 級

## 目次

1. Overview of dental pulp.....	02
2. 牙髓腔的四個分區.....	03
3. 牙髓的細胞組成.....	04
4. 牙本質母細胞突起 (Odontoblastic process) .....	05
5. 纖維母細胞 (Fibroblast).....	07
6. 未分化的間葉細胞.....	08
7. 牙髓內的基質 (Matrix of the pulp).....	11
8. 牙髓內的血管 (Vasculature of the pulp).....	12
9. 牙髓內的淋巴與組織液 (Lymphatic supply of the pulp).....	13
10. 牙本質牙髓複合體的神經支配 (Innervation of the dentin-pulp complex) ...	13
11. 小管內神經 (Intratubular nerve) .....	14
12. 牙本質敏感 (Dentin sensitivity).....	16
13. 牙髓石 (Pulp stones).....	19
14. Age changes of dentin-pulp complex .....	22
15. Response to environmental stimuli .....	25
16. 學習評量.....	26
17. Crossword .....	27
18. Word Search.....	28

## 相關學科

1. 牙體形態學 (乳牙與恆牙的牙髓形態特徵與差異等) .....	(牙二)
2. 口腔病理學 (牙髓疾病與病理變化等) .....	(牙三) 19-25
3. 牙科藥理學 (覆髓藥物的種類與作用等) .....	(牙三)
4. 根管治療學 (牙髓組織為基本、必備、重要的知識) .....	(牙四)
5. 牙科放射線學 (牙齒病變與形態異常的影像判讀、牙髓結石的影像、牙髓腔的形態、根管的形態等) .....	(牙四) 19-23
6. 兒童牙科學 (乳牙根管治療的基礎知識) .....	(牙五)
7. 老人牙醫學 (牙髓的增齡變化) .....	(牙五) 22, 23

---

## Overview of dental pulp

(Chiego DJ. Essentials of Oral Histology and Embryology. A Clinical Approach. 2014, Chapter 9, pp113-114.)

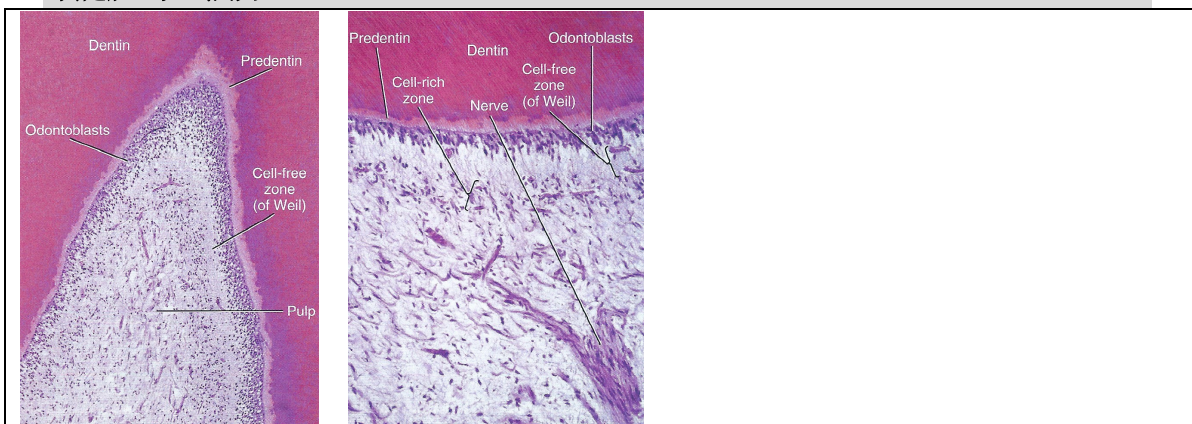
Dental pulp is the soft, loose connective tissue located in the central portion of each tooth. It has a crown (coronal part) and a root (radicular part). Pulp is a delicate, specialized connective tissue containing thin-walled blood vessels, nerves, and nerve endings enclosed within dentin. Each pulp opens into the tissue surrounding the tooth, the periodontium, through the apex of the root canal. Accessory canals may be present at the apex of the tooth. Pulp has a central zone and a peripheral zone, which are observed in both the coronal and radicular pulp. The central zone contains arterioles, veins, and nerve trunks that enter the pulp from the apical canal and proceed to the coronal pulp chamber. Fibroblasts are the preponderant cell, existing in an extracellular matrix of glycosaminoglycans and collagen fibers. Odontoblasts are the second most prevalent cell. The odontogenic zone in the periphery consists of odontoblasts and cell-free and cell-rich zones. Adjacent to the cell-rich zone is a parietal layer of nerves. Odontoblasts form dentin throughout life, which causes the pulp to grow smaller with time. The terminal blood cells in the periphery are in thin-walled capillaries situated among the odontoblasts and are under local humoral control. Larger vessels with muscle cell support in their walls exist centrally and are under postganglionic sympathetic control. Several theories exist concerning pain conduction through dentin. The hydrodynamic theory is the most popular. It defines the movement of the odontoblast into contact with pulpal and intratubular nerve endings. Recent findings indicate, however, that odontoblasts are capable of receiving, conducting, and transmitting impulses to nerve endings in close proximity. Pulp has several functions, such as initiative, formative, protective, nutritive, and reparative activities. All these clinical features are important to the production and maintenance of teeth. Pulp may regress after trauma or with age and may contain diffuse areas of collagen fiber bundles and pulp stones. These pulp stones may be attached, embedded, or free in the pulp tissue. Pulp may also contain diffuse calcifications.

# Pulp



- 製作磨片時，硬組織會被保留，軟組織會喪失，所以 pulp 的部分會是空腔。
- Pulp 位在牙本質所形成的髓腔內，包含牙髓腔 (pulp chamber) 與根管 (root canal)。Dental papilla 是牙髓的原始組織，當 dental papilla 周圍有牙本質形成時才稱做牙髓。
- 白齒牙髓的體積約為門齒的四倍大。
- 在重量百分比方面，牙髓中水的含量為 75%，而有機物質的含量為 25%。

## 牙髓腔的四個分區



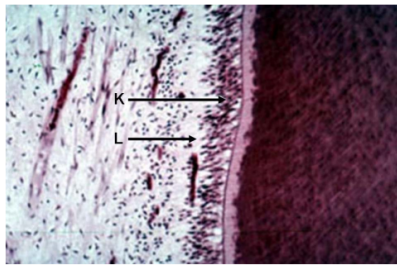
牙髓腔可分為四個分區，從外而內依序為：

1. 牙本質母細胞區 (odontoblastic zone)：為牙髓腔的最外圍。
2. 無細胞區 (cell-free zone = zone of Weil)：空空的，顏色淡，只有細胞突觸。(此區雖命名為「無細胞」區，但僅僅是在低倍的光學顯微鏡下所觀察到的現象。實際上，此區仍含有少數的細胞，而非完全沒有細胞的存在。牙髓的功能狀態會影響無細胞區的存在。無細胞區可能會消失在牙本質形成較快和修復性牙本質形成的區域。)
3. 多細胞區 (cell-rich zone)：顧名思義，細胞很多。
4. 牙髓中心 (pulp core/proper)。



國考題

105-1-54, 97-1-53.



關於下圖中箭頭所指的區域，下列敘述何者正確？① K 為造牙本質母細胞層 (odontoblast layer) ② K 為細胞豐富區 (cell-rich zone) ③ L 為魏爾氏區 (zone of Weil) ④ L 為反射區 (zone of reflexion)

- A. ①③ B. ②③ C. ①④ D. ②④

100-2-51.

下列有關牙髓組織之敘述，何者錯誤？

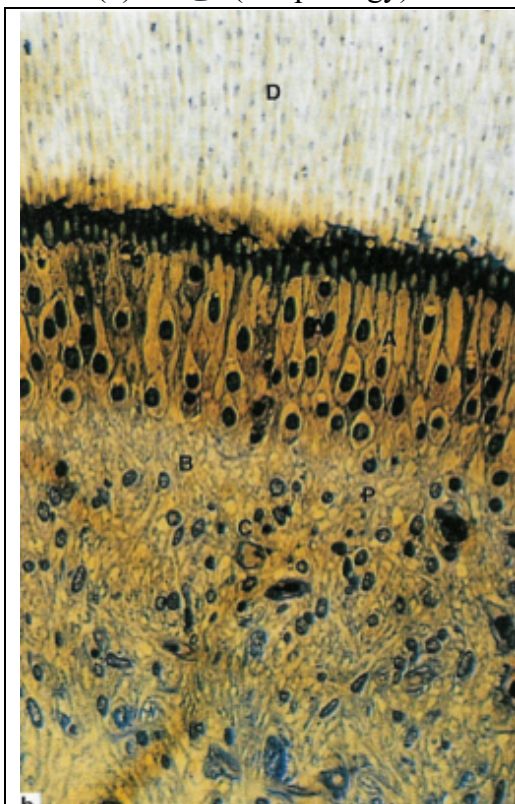
- A. 組織學上可區分為四個明顯區域  
B. 是一種軟的結締組織  
C. 細胞豐富區 (cell-rich zone) 於牙冠部較明顯  
D. 細胞貧乏區 (cell-free zone) 於根部較明顯

## 牙髓的細胞組成

- 牙髓中主要的細胞有牙本質母細胞、纖維母細胞、未分化間葉細胞、巨噬細胞及其他免疫細胞。

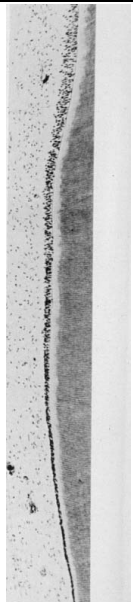
### 1. 牙本質母細胞

#### (1) 型態 (morphology)

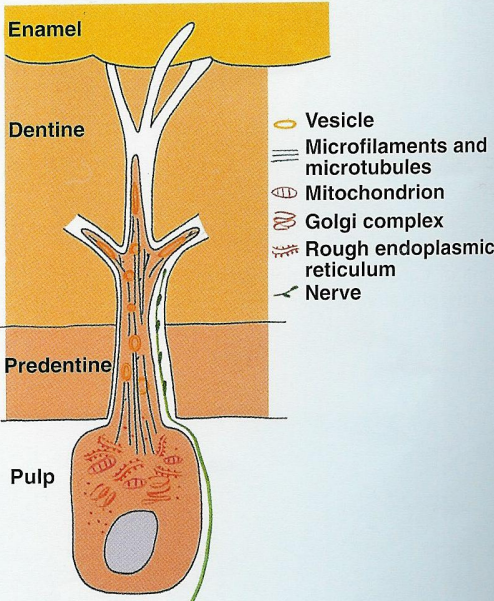


- 在 **predentin** 正下方，細胞呈單層排列在牙髓的最外圍，但因為空間不足，細胞會擠在一起使得細胞核不在同一水平面上，看起來像三到五層的細胞，呈現偽複層 (pseudostratified) 的排列方式。
- 在牙冠部分排列則是成柵欄狀 (palisade pattern)。在牙本質細胞的頂端有突起伸入牙本質小管內，所以 **odontoblastic zone** 實際上是由細胞本體所構成。
- 牙冠處的 **odontoblast** 比牙根處的多且大。
- 細胞體約  $50 \mu\text{m}$  長， $5-10 \mu\text{m}$  寬。
- 左圖：B: cell-free zone; C: cell-rich zone

(2) 形狀：在整個牙髓中，odontoblast 形狀沒有完全一致，隨著細胞的活性而有所不同。(複習：ameloblast 外觀和細胞活性的關係。)

	● 柱狀：位於牙冠部，約 50 μm 高，細胞活性高。
	● 立方狀：位於牙根中段。
	● 扁平狀：接近根尖部，細胞活性較低。

## 2. 牙本質母細胞突起 (odontoblastic process)

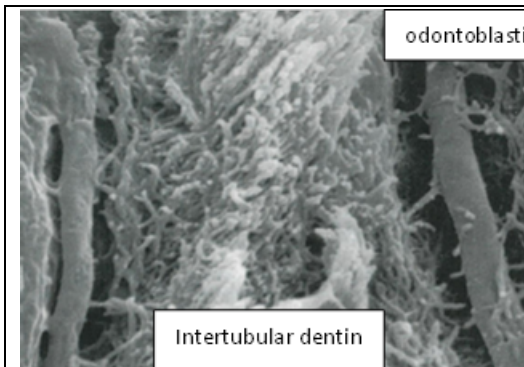
 <p>Enamel Dentine Predentine Pulp</p> <p>Vesicle Microfilaments and microtubules Mitochondrion Golgi complex Rough endoplasmic reticulum Nerve</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一個 odontoblast 會向牙釉質的方向延伸出一條 odontoblastic process。這條突起會向上穿過 predentine、dentine，有時可到達 enamel。(複習：odontoblastic process 伸入 enamel 結構的名稱。)此外，odontoblastic process 有許多分支，構成牙本質母細胞間的網絡結構。</li> <li>● Odontoblastic process 缺乏大多數的胞器(例如位在細胞體的高基氏體、粒線體和 rER)，但擁有微管及微絲(和 process 平行排列)(複習：什麼是 microtubule？什麼是 microfilament？他們在細胞中扮演什麼角色?)，而囊泡也會在 process 中出現。</li> </ul>
--	--

Odontoblast process in tubules

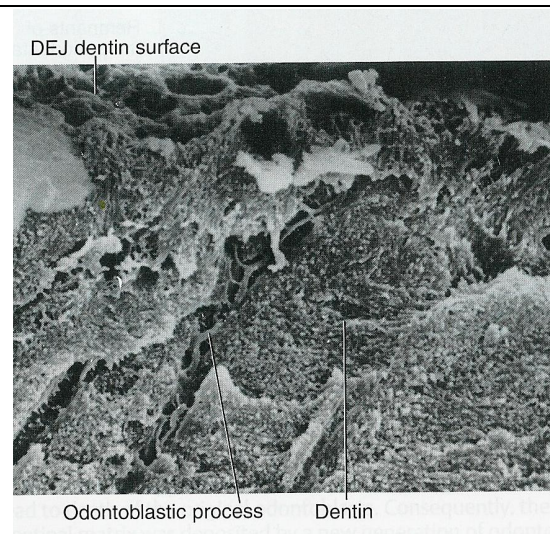
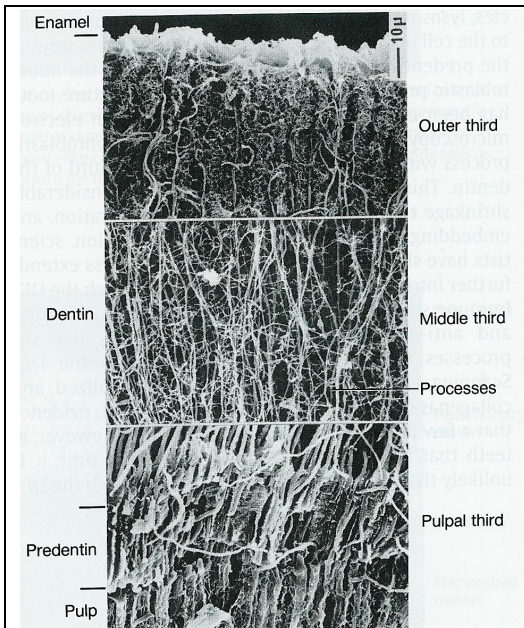




- 這張圖的箭頭表示牙本質母細胞突起。圖中可見突起穿入 predentin。(問題與思考：除了 odontoblastic process 之外，請辨識圖中其它結構並說明其特徵。)

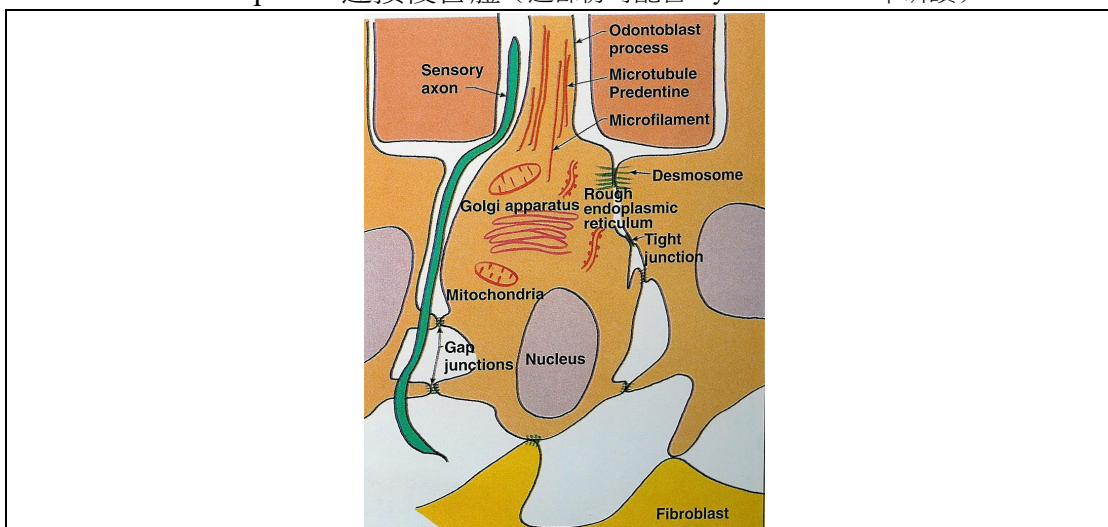


- 這張是電顯圖，odontoblastic process 為具有分支的長條狀。其所處的空間即為 dentinal tubule。



- Odontoblast process 會延伸到 DEJ, 甚至進入 enamel 形成 enamel spindle 的構造。若牙本質受外在環境影響，會改變 odontoblast process 的型態，例如：磨損 (attrition) 將會導致 process 的退縮和 tubules 的封閉。

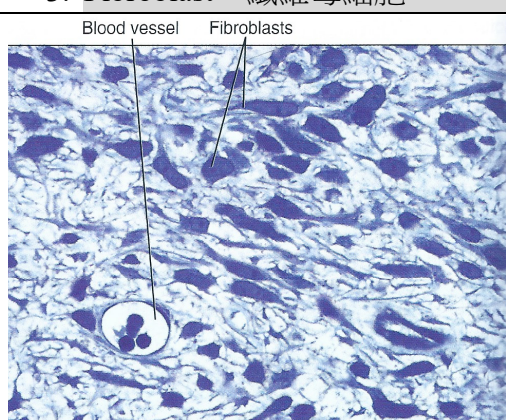
● **Junctional complex**，連接複合體（這部份可配合 cytoskeleton 一章研讀）



● 牙本質母細胞的細胞體之間，以及和周圍的 fibroblast 會有以下這些連結：

1. 胞橋小體 (desmosome，遠端)：
  - (1) 一種機械性的連接。
  - (2) 沒有完全包圍細胞，即不會出現在環繞整圈的細胞。
2. 緊密接合 (tight junction，遠端)：
  - (1) 沒有完全的包圍細胞。
  - (2) 容許些微的通透性，並非完全限制物質通過。
  - (3) 增加機械性連接的完整性。
3. 間隙連結 (gap junction，側邊及基底部)：
  - (1) 允許小分子在兩細胞間移動。
  - (2) 對細胞間的溝通扮演重要的角色。

3. **Fibroblast**，纖維母細胞



1. 纖維母細胞是牙髓腔裡面最多的細胞，因此又可稱為牙髓細胞，具有合成、分泌及降解的功能。
2. 在牙冠部的髓腔特別多，形成 cell-rich zone。
3. 形成及維持牙髓的基質，包括膠原蛋白及基質物。
4. 在適當的刺激下也會消化和降解膠原蛋白。
5. 纖維母細胞在休止期呈現較扁平的梭狀 (spindle shape)，兩頭尖尖的形狀。

	<p>6. 在活躍期，則呈現較圓胖 (<b>plump</b>) 的細胞質，且細胞質內含有豐富的、和合成與分泌相關的胞器。(問題與思考：這些胞器有那些？各有什麼功能？細胞質中胞器數量的多寡和細胞的外觀及活性有什麼關聯？)</p>
--	--

#### 4. 未分化的間葉細胞

- (1) 可在多細胞區和牙髓腔中心找到，通常分佈在小血管及微血管周圍。
- (2) 受刺激可分化成牙本質母細胞和纖維母細胞。
- (3) 形狀為大的多角形細胞，其中心有一個大且淡染的細胞核。在 H&E 切片中，不易與 **fibroblast** 分辨。
- (4) 有豐富的細胞質和細胞突。
- (5) 含有牙髓幹細胞，具有高度增生、自我更新以及多向分化的潛能，因此牙髓具有一定的自我修復和再生功能。

#### 5. 其他細胞

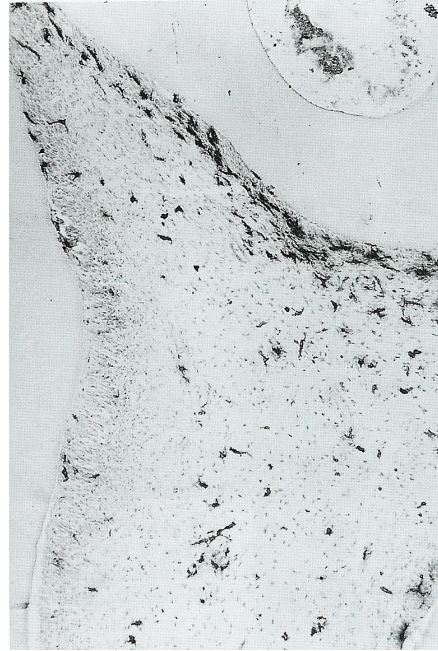
- (1) 巨噬細胞：主要功能是去除死亡的細胞和細菌，幫助牙髓中纖維母細胞的替換，也可和其他免疫細胞相互作用。
- (2) 淋巴球：在正常的牙髓腔（即未發炎的）中可見 T 細胞，但無法看到 B 細胞，這是牙髓腔中免疫細胞和其它區域免疫細胞不同的地方。(問題與思考：在 H&E 染色的切片中，要如何辨認淋巴球？有什麼特徵？是否能經由這些特徵來分辨 T 細胞和 B 細胞？有什麼方法可以分辨這兩種細胞？)
- (3) 樹突細胞：和上皮細胞中的蘭格罕氏細胞很像，可以捕捉外來的抗原並呈現給 T 細胞。



Wide distribution of macrophages in healthy rat dental pulp.



Dendritic cells are prominent at the periphery of rat molar pulp.



- 巨噬細胞分佈廣泛，樹狀突細胞大部份分佈在牙髓腔周圍。
- 樹狀突細胞及巨噬細胞佔全部牙髓細胞的 8%，其中樹狀突細胞數量比巨噬細胞多。
- 在未萌發前的牙齒，樹狀突細胞位於 odontoblast layer；在已萌發牙齒則是位在 odontoblast layer 下方。

### 國考題

109-1-47.

有關牙髓纖維母細胞（fibroblasts）的敘述，下列何者正確？

- A. 於牙髓其數目僅次於造牙本質細胞
- B. 其數目於牙冠部較牙根部為多
- C. 活躍的牙髓纖維母細胞形狀為扁平梭狀
- D. 其所分泌的纖維之分解大部分需仰賴巨噬細胞（macrophage）

108-1-54.

有關牙髓未分化外胚間葉細胞（undifferentiated ectomesenchymal cell）的敘述，下列何者正確？

- A. 僅能分化成造牙本質細胞
- B. 常見於細胞豐富區（cell-rich area）及髓柱區（pulp core）
- C. 於光學顯微鏡下觀察呈立方形（cuboid）
- D. 於老年時此種細胞明顯增多

106-1-53.

下列關於牙髓細胞之敘述，何者正確？

- A. 造牙本質細胞數目佔牙髓細胞總額之第一位
- B. 僅有纖維母細胞能生成膠原纖維 (collagen fiber)
- C. 纖維母細胞具有分解膠原纖維的功能
- D. 樹突細胞 (dendritic cell) 之數目較巨噬細胞 (macrophage) 為少

**105-2-54.**

下列何者不是造成牙髓組織活性脆弱的原因？

- A. 根尖孔太窄
- B. 防禦細胞太少
- C. 完全由牙本質環繞
- D. 充血後之外滲液易滯留而引發炎症反應

**104-2-53.**

牙髓 (pulp) 中之樹突細胞 (dendritic cell) 源自於下列何處？

- A. 骨髓
- B. 淋巴結
- C. 脾臟
- D. 胸腺

**104-1-53, 97-2-55.**

下列關於牙髓之樹突細胞 (dendritic cell) 之敘述，何者正確？

- A. 最易於牙髓中央部發現
- B. 將外部抗原 (foreign antigen) 呈現給B淋巴球
- C. 其細胞突 (process) 可伸入牙本質小管
- D. 數目佔牙髓細胞總額之 15%

**103-1-51, 99-1-49.**

有關正常牙髓之 T 淋巴球與 B 淋巴球的數目，下列何者正確？

- A. 通常前者較多
- B. 通常後者較多
- C. 兩者相當
- D. 兩者皆很多

**102-1-54.**

Tomes' fiber 為下列何種細胞之構造？

- A. 造釉細胞 (ameloblast)
- B. 造牙骨質細胞 (cementoblast)
- C. 造牙本質細胞 (odontoblast)
- D. 造骨細胞 (osteoblast)

**101-1-50.**

下列關於造牙本質母細胞 (odontoblasts) 之敘述，何者正確？

- A. 其數目，於牙根部較牙冠部為多
- B. 其體積，於牙根部較牙冠部為大
- C. 其形狀，於牙冠部為柱狀 (columnar) 細胞
- D. 活躍的造牙本質母細胞，於光學顯微鏡下呈現短胖形狀及核濃染

**101-1-51, 97-1-54.**

下列何者為牙髓腔內最多的細胞？

- A. 造牙本質母細胞
- B. 纖維母細胞
- C. 巨噬細胞
- D. 外胚層間葉組織細胞

**100-2-52.**

下列有關牙髓組織之敘述，何者錯誤？

- A. B 淋巴細胞比 T 淋巴細胞多
- B. 樹狀突細胞 (dendritic cells) 比巨噬細胞多
- C. 外胚層間葉組織細胞存於細胞豐富區及髓柱區



D. 造牙本質母細胞不會再分裂

**100-2-64.**

下列是正常牙髓 (pulp) 組織中原本就存在且可抵抗齲齒細菌的免疫細胞，何者除外？

- A. 巨噬細胞 (macrophages) B. 嗜中性白血球 (neutrophils)  
C. 淋巴球 (lymphocytes) D. 樹突細胞 (dendritic cells)

**97-1-55.**

下列關於牙髓細胞之敘述，何者正確？

- A. 造牙本質母細胞數目佔牙髓細胞總額之第一位  
B. 僅有纖維母細胞能生成膠原纖維 (collagen)  
C. 纖維母細胞具有分解膠原纖維的功能  
D. 樹狀突細胞 (dendritic cell) 之數目較巨噬細胞 (macrophage) 為少

## Matrix of the pulp，牙髓內的基質

● 膠原纖維

1. Type I 膠原纖維占 60%，type III 膠原纖維占 40%。
2. 牙髓的膠原纖維總量會隨著年紀而增加，但是 type I 與 type III collagen 的比例大致不變。

● 基質組成

1. 葡萄糖胺聚合醣 = 醣胺多醣 (GAGs)。
2. 醣蛋白。
3. 水。
4. 功能為支撐細胞。
5. 當作物質運輸的媒介物。

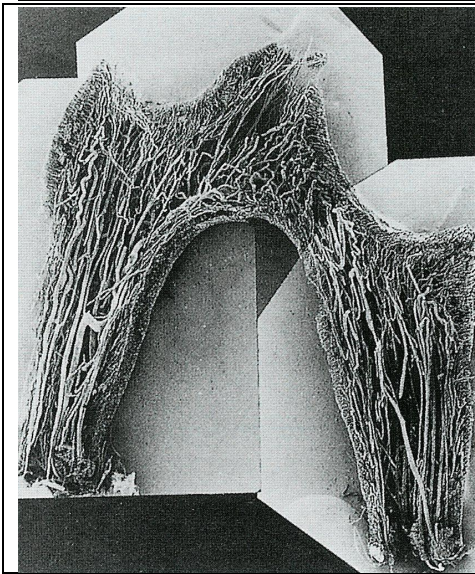
### 國考題

**98-2-51.**

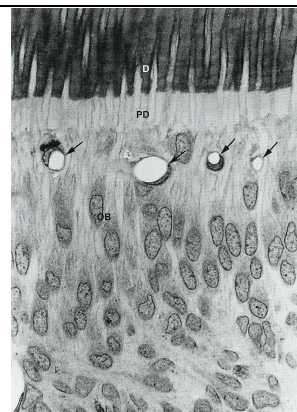
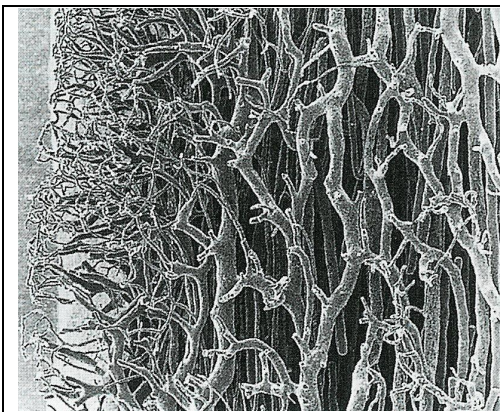
牙髓基質 (ground substance) 內之膠原蛋白屬於下列何種類型？

- A. type I and III B. type I and V C. type III and IV D. type II and IV

## Vasculature of the pulp，牙髓內的血管



- 一條或兩條小動脈會隨著感覺神經及交感神經由根尖孔 (apical foramen) 進入牙髓。
- 小的血管(沒有伴隨任何神經)透過 minor foramina (小孔) 進入牙髓。
- 血管經由根尖孔離開牙髓。



- 在牙髓的牙冠部分，血管形成大量的血管網。
- 有些微血管的終末環 (terminal capillary loops) 會向上延伸到牙本質母細胞之間，但是不會進入牙本質小管內，所以牙本質小管內沒有血管，但會有不等長度的神經。

### 國考題

#### 109-1-63.

關於牙髓內的血管供應情形，下列敘述何者錯誤？

- A. 血管主要是經由根尖及副根尖孔 (apical foramen and accessory foramina) 進入牙髓
- B. 當小動脈 (arterioles) 進入牙髓之後，其管腔口徑 (caliber) 會隨之增加
- C. 牙髓中的小動脈 (arterioles) 偶而會形成U型循環 (U-looping)，一般認為U型循環與血流的調控有關
- D. 進入根尖孔的小動脈 (arterioles) 通常伴隨感覺 (sensory) 及副交感 (parasympathetic) 神經

#### 107-1-53.

有關牙髓內血管分布情形的敘述，下列何者正確？

- A. 小動脈 (arterioles) 進入牙髓後，其血管壁會增厚

- B. 微血管網旁的周細胞 (pericytes) 為神經受器
- C. 微血管網可進入牙本前質 (predentin)
- D. 動靜脈吻合 (arteriovenous anastomosis) 處的內皮細胞呈立方形 (cuboid)

**100-1-51.**

牙本質形成時，微血管自牙髓腔算起最遠可達到下列何處？

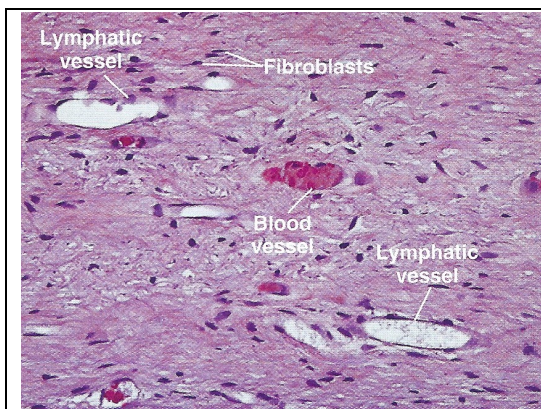
- A. 造牙本質母細胞下層 (subodontoblast layer)
- B. 造牙本質母細胞層 (odontoblast layer)
- C. 被覆牙本質 (mantle dentin)
- D. 牙本前質 (predentin)

**96-1-54, 108-2-54.**

下列關於牙髓內血管分布情形之敘述，何者正確？

- A. 小動脈 (arterioles) 進入牙髓後，其管徑會變窄
- B. 小動脈在根管牙髓即分成微血管網
- C. 微血管網可達到造牙本質母細胞與牙本前質交界處
- D. 動靜脈分路 (arteriovenous shunt) 的內皮細胞呈扁平狀

### Lymphatic supply of the pulp，牙髓內的淋巴與組織液



- 牙冠區可見小而不連續的薄壁小管，向牙根而行，到根尖孔可形成一兩條較大的管道。
- 淋巴管與小靜脈不同之處在於前者有不連續的管壁且管腔中無紅血球。
- 組織液在牙本質跟牙髓都有，它存在於牙本質突起跟牙本質小管管壁之間。在牙本質中，組織液的體積大約占 10%。

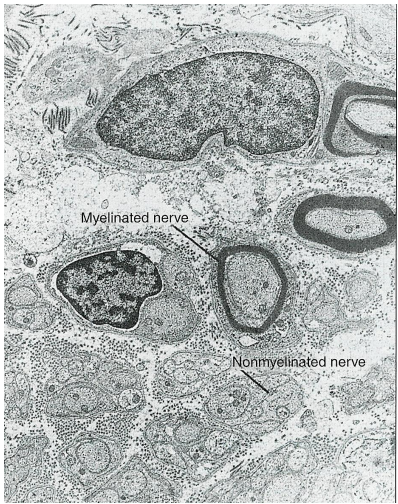
### Innervation of the dentin-pulp complex

- 牙髓富含神經 (進入小白齒的神經纖維超過 900 條)。
- 神經與相對應的血管並行。
- 感覺神經來自於三叉神經，和頸上神經節的交感分支匯合成神經束進入牙髓。

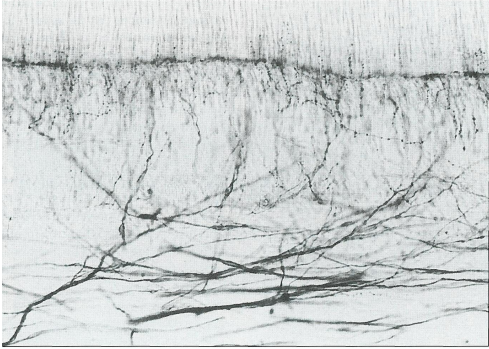


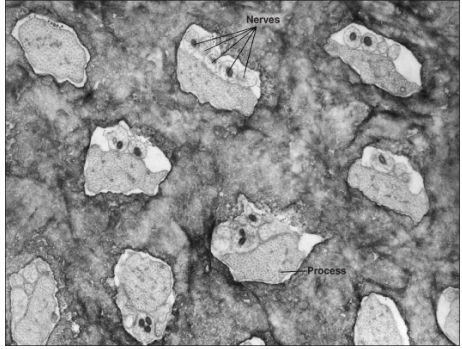
- 每條神經纖維會至少提 8 個末端分支並在無細胞區形成複雜的網狀分佈，稱之為 plexus of Raschkow (拉士克神經叢) 或 subodontoblastic plexus (造牙本質細胞下叢)。





- 有髓鞘軸突 (myelinated axons): 傳導快速。
  1. A $\delta$  fibers: 和尖銳、局部性疼痛有關。直徑 1-6  $\mu\text{m}$ ，佔 25%。
  2. A $\beta$  fibers: 和機械性、熱感覺、觸覺的痛相關。直徑 6-12  $\mu\text{m}$ ，佔 1%。
- 無髓鞘的纖維 (Nonmyelinated axons):
  1. C fibers: 數量最多，和鈍痛以及擴散性的疼痛有關。直徑 0.4-1.2  $\mu\text{m}$ ，數量最多，佔 75%。





- 大部分神經束終止於 plexus of Raschkow，又因為是末梢部分，所以會有很多游離神經末梢 (free nerve endings)，如左上圖所示。
- 有些軸突會失去其髓鞘並穿過牙本質母細胞細胞體之間，而進入牙本質小管，但延伸的長度不長，且非常靠近牙本質母細胞突起，如右上圖所示。

### Intratubular nerve，小管內神經

- 小管內神經包含神經絲 (neurofilaments)、神經管 (neurotubules)、大量粒線體和小泡構造。這些構造可以用來鑑別 odontoblastic processes。
- 小管內神經的功能目前尚不清楚。

小管內神經的分佈比例			
	Predentin	Mineralizing front	Dentin to 100 $\mu\text{m}$
Pulp horns	27%	11%	8%
Remaining crown	14%	6%	2%
Root	11%	0%	0%

表格看看就好，但要知道佔最多的是 **pre dentin** 的 27%。

**國考題**

**109-1-64.**

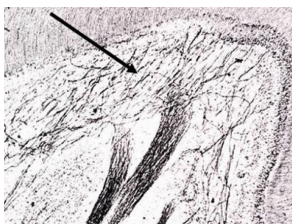
關於牙髓之血管、淋巴管及神經供應的敘述，下列何者錯誤？

- A. 進入根尖孔的小動脈 (arteriole) 通常伴隨感覺 (sensory) 及交感 (sympathetic) 神經
- B. 小靜脈 (venule) 管壁的肌肉層 (muscular layer) 為不連續性 (discontinuous) 的分佈
- C. 淋巴管的管壁為連續性 (continuous)
- D. 拉士克神經叢 (plexus of Raschkow) 存在於牙冠 (crown) 部，牙根 (root) 部份沒有相對應的構造

**107-2-54.**

有關牙髓神經的敘述，下列何者正確？

- A. 可觀察到來自於拉士豪神經叢 (plexus of Raschkow) 的神經纖維於牙本質中形成環線 (loop) 狀
- B. 主要源自上頸神經節的副交感分枝
- C. 進入牙髓的神經全為含鞘神經元 (myelinated axon)
- D. 拉士豪神經叢 (plexus of Raschkow) 僅可見於牙冠部



**106-1-54.**

關於下圖中箭頭所指牙髓內銀染 (silver stain) 物質，下列敘述何者正確？①為拉士豪神經叢 (plexus of Raschkow) ②為靜脈叢 (plexus of venosus) ③可見於牙冠部 ④可見於牙根部

- A. ①③
- B. ②③
- C. ①④
- D. ②④

**105-2-53.**

Plexus of Raschkow 是牙髓 (pulp) 內的何種構造？

- A. 神經
- B. 血管
- C. 淋巴管
- D. 腺體

**104-2-54.**

牙髓內拉士豪神經叢 (plexus of Raschkow) 存於下列何區？

- A. 造牙本質細胞層 (odontoblastic layer)
- B. 細胞貧乏區 (cell-free zone of Weil)
- C. 細胞豐富區 (cell-rich zone)
- D. 髓柱區 (pulp core zone)

**102-1-57.**

牙髓 (pulp) 之感覺傳入神經 (sensory afferent nerves) 源自於：

- A. 顏面神經 (facial nerve)
- B. 三叉神經 (trigeminal nerve)
- C. 舌咽神經 (glossopharyngeal nerve)
- D. 迷走神經 (vagus nerve)

**99-1-50, 96-2-55.**

牙髓內拉士克神經叢 (plexus of Raschkow) 存於下列何區？

- A. 造牙本質母細胞層 (Odontoblastic layer)
- B. 細胞貧乏區 (Cell-free zone of Weil)
- C. 細胞豐富區 (Cell-rich zone)
- D. 髓柱區 (Pulp core zone)

**98-2-52.**

下列關於拉士克神經叢 (plexus of Raschkow) 之敘述，何者正確？

- A. 為一種特殊血管叢
- B. 主要分佈在牙髓細胞貧乏區 (cell-free zone)
- C. 於牙冠部及牙根部皆可觀察到
- D. 一般組織染色法 (H&E stain) 可觀察到神經元生長因子受器 (neuron growth factor receptor)

## Dentin sensitivity, 牙本質敏感

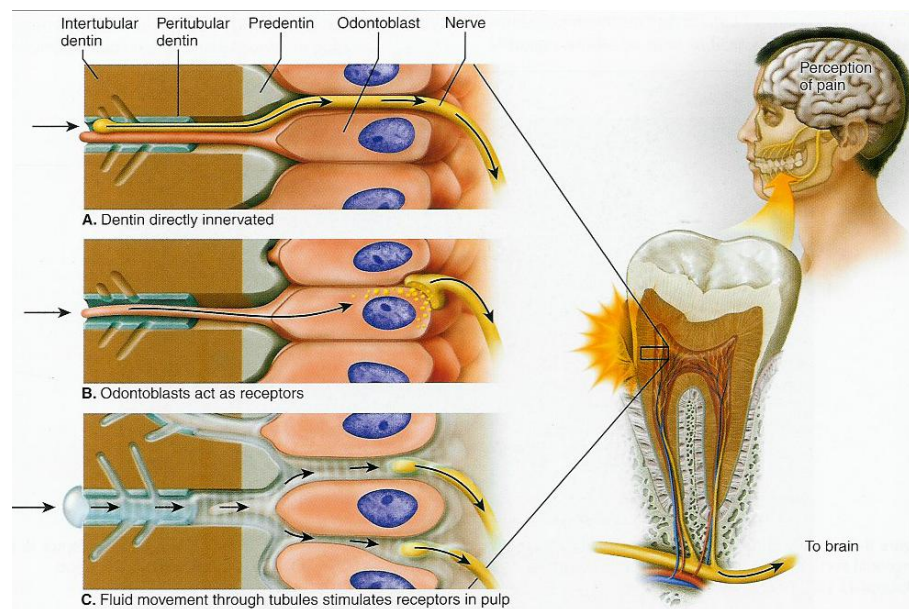
- 牙本質對於外界的機械、溫度和化學刺激都有明顯的反應，尤其在 DEJ 和靠近牙髓的地方最敏感。如果牙髓發炎，牙本質的敏感度會增加。
- 牙本質唯一的感覺是痛覺，而且常常很難有明確的定位。因此若病人牙髓發炎，有時會感到一個區域的疼痛，但無法明確指出是那一顆牙齒，此時就要藉助臨床的各種檢查來確認是那一顆牙齒出了問題。這部分在牙四的牙髓病學會學到。
- DEJ 處高度敏感 (hypersensitivity) 是因為在這個區域出現大量的牙本質小管分支。

## 牙本質敏感<sup>1</sup>的三種理論

(要記名稱、內容、理論根據、支持以及反對的理由)

(本節內容另外參考了以下兩篇文章：

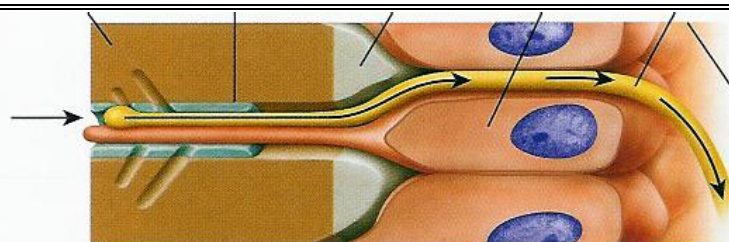
1. 黃耀慧。諸多牙齒酸痛傳導理論中，「液體動力學說」獨排眾議的原因。台灣牙醫界，2009; 28(10): 20-21.
2. 唐正、徐心倫。你對 Dentin Hypersensitivity 了解多少？中市牙醫，2014; 98: 50-53.)



- Direct innervation theory

<sup>1</sup>德國學者 Blum 於 1530 年第一次記錄臨床發現病人牙齒有敏感的症狀。

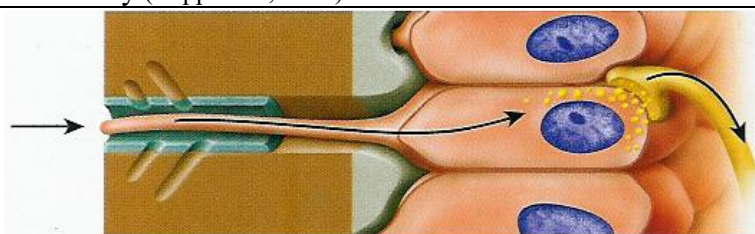




A. Dentin directly innervated

- 神經傳導學說：刺激直接作用於小管內的神經末梢並傳導至中樞。
- 為最早被提出的學說。
- 理論基礎：牙本質神經的末梢會延伸一段到 DEJ，此末梢受到機械性刺激而變形，並傳遞電位，刺激底下的神經叢，而引起敏感。
- 反對理由：
  1. 牙本質小管內的神經分布不多：神經有延伸到牙本質小管內，但是不長，大約 200-300  $\mu\text{m}$ ，且很接近牙髓，不像 odontoblast process 一直延伸到 DEJ，有些甚至跑到牙釉質內。
  2. 將局部麻醉劑塗在暴露的牙本質表面，無法阻絕敏感性酸痛的發生，這情形表示牙齒的敏感性酸痛並非由於牙本質表面有神經分布，受到刺激後產生症狀。
  3. 無法解釋 DEJ 處的牙本質比深層的牙本質對這類刺激更為敏感。

- Transduction theory (Rapp et al., 1968)



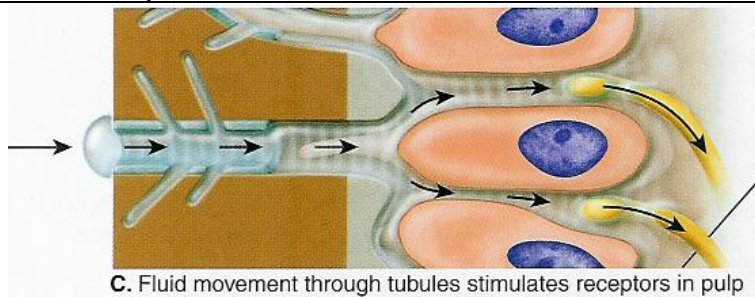
B. Odontoblasts act as receptors

- 轉導學說：認為 odontoblast 是一個受體，類似神經細胞，感覺傳導可經由 odontoblastic process 傳至細胞本體，而細胞本體和神經末梢緊密相連，把感覺轉傳至中樞。
- 支持理由：
  1. 牙本質母細胞是由神經嵴細胞 (neural crest cells) 分化而來，具有神經傳導的潛在能力。
  2. 牙本質母細胞很靠近神經末梢。
  3. 相鄰的牙本質母細胞間有間隙接合構造 (gap junction)，此構造和電子傳遞相關。
- 反對理由：



1. 雖然神經末梢纖維會緊靠在牙本質母細胞上，但兩者之間沒有形成突觸，因此沒有化學物質的傳遞來引發神經傳導。(Byers, 1984; Holland, 1985)
2. 牙本質母細胞不會被活化，不會產生電位反應 (electrical response)，且不具有神經傳導物質。
3. 如果牙本質母細胞可作為神經傳導的接受器，當麻藥塗於牙本質表面時，牙本質母細胞應該會受到影響而無法接受刺激；或是將會引起痛覺的神經傳導物塗在牙本質表面，應該會造成疼痛的發生，但以上兩種情形都沒有發生。

● Hydrodynamic theory (Gysi, 1900; Brannstrom, 1963)



- 流體動力學說：牙本質小管內含組織液（佔 10%），會受到治療過程或環境的刺激而流動。牙本質小管裡的液體流動，導致牙髓腔內環境改變，使 plexus of Raschkow 內的游離神經末梢受到刺激而引發動作電位。（牙本質小管內的液體流動，在牙本質內產生壓力變化，導致 A $\delta$  fiber 受到激刺而產生 sharp pain。）
- 最廣泛被接受的理論，爭議點少且可解釋很多現象。
- 支持理由：可以解釋以下五點：
  1. 為何局部麻醉不能抑制牙本質的敏感；
  2. 為何脫水（以棉花擦乾或用空氣吹乾）會造成敏感；
  3. 為何高滲透壓溶液（即非等張溶液）會造成敏感；
  4. 為何溫度變化會造成敏感（當小管內的液體受到冷刺激時，會由內向外流，受到熱刺激則由外向內流。）；
  5. 為何使用探針會造成敏感（機械性刺激造成小管內組織液流動）。

**國考題**

108-2-53.

下列何者不是常被用來解釋牙本質敏感的可能機轉？

- A. 牙本質內有神經末梢支配
- B. 造牙本質細胞本身為接收器
- C. 牙髓石壓迫神經所致

D. 牙本質小管內因液體流動而刺激神經末梢

**107-2-53.**

有關牙本質敏感 (dentin sensitivity) 的敘述，下列何者最正確？

- A. 與造牙本質細胞具有極高的膜電位 (membrane potential) 有關
- B. 目前以造牙本質細胞為接收器 (odontoblast as a receptor) 的理論最符合
- C. 吹氣脫水 (dehydration) 時不會造成疼痛
- D. 以局部麻醉劑直接施予外露牙本質無法完全阻斷敏感

**104-1-54.**

下列何種理論被大家所接受且最能闡述牙本質敏感 (dentin sensitivity) 的現象？

- A. 神經末梢分佈於牙本質 (direct innervation of dentin)
- B. 牙本質母細胞被視為接受器 (odontoblasts as the receptors)
- C. 流體動力學說 (hydrodynamic theory)
- D. 化學媒介因子學說 (chemomediator theory)

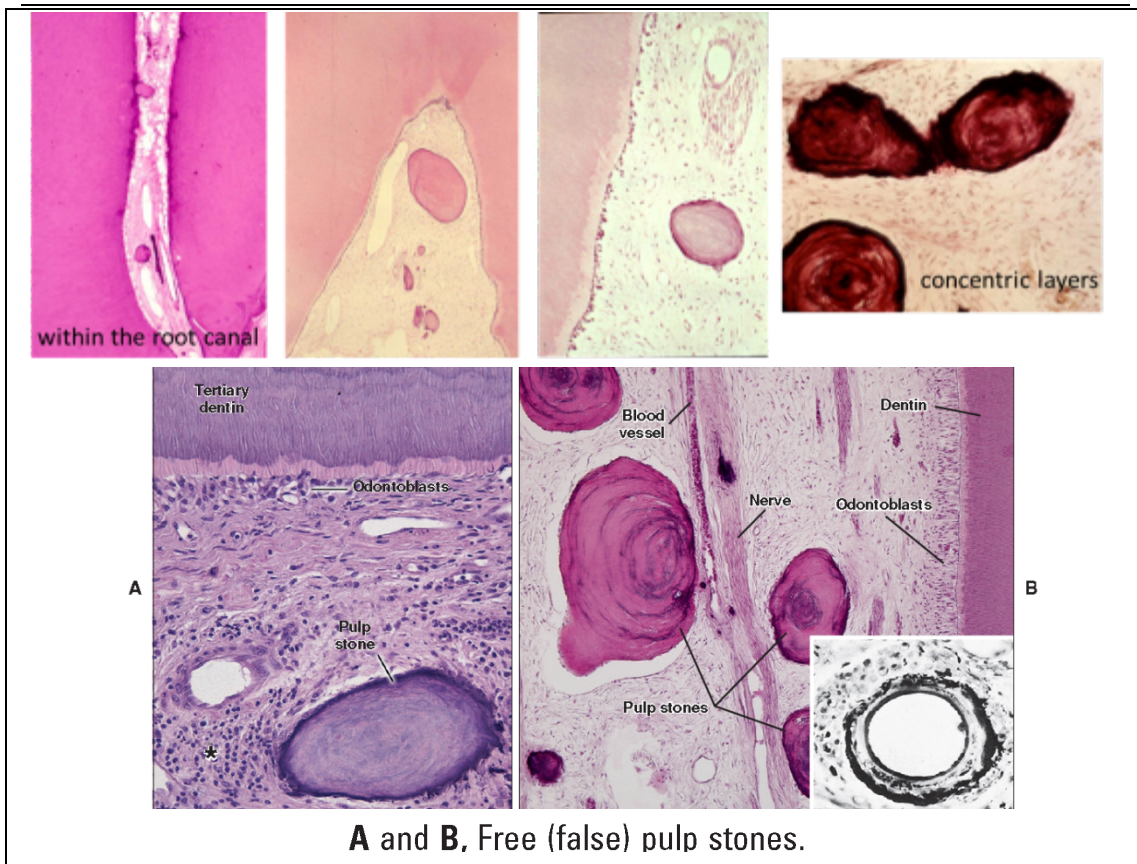
**96-1-52.**

下列有關牙本質敏感 (dentin sensitivity) 之敘述，何者錯誤？

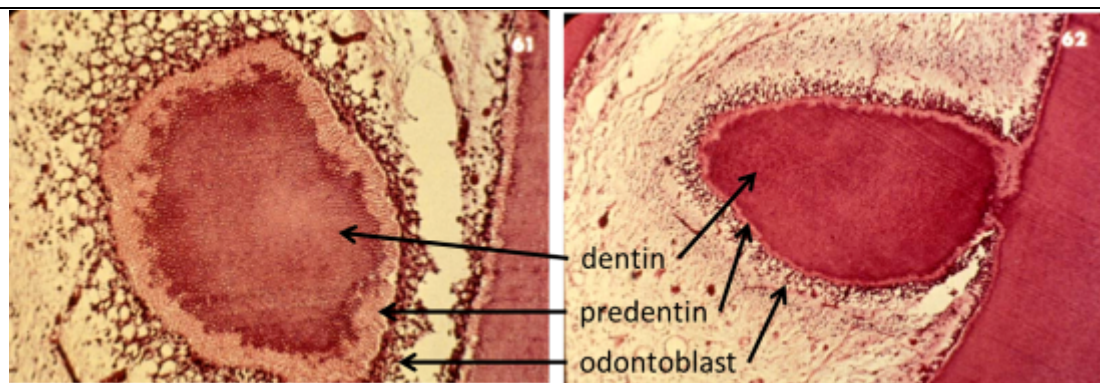
- A. 敏感性會隨年齡增加而降低
- B. 是因牙本質小管外露所致
- C. 一般牙本質敏感都感受到某種不適感
- D. 吹氣脫水 (dehydration) 時不會造成疼痛

## Pulp stones, 牙髓石

- 牙髓石 (pulp stones, 又稱為 denticles), 為一種鈣化的物質。
- 經常可在牙髓腔進入根管開口處 (orifice) 或是根管中看到。可單個或多個出現於任何一顆牙齒。
- 分為：
  1. 偽牙髓石 (false denticle): 結石周圍無細胞相連。
  2. 真牙髓石 (true denticle): 結石周圍有細胞相連。
- 或可分為：
  1. 附連牙髓石 (attached stone): 結石連接在牙本質上。
  2. 游離牙髓石 (free stone): 結石周圍完全由軟組織圍繞。

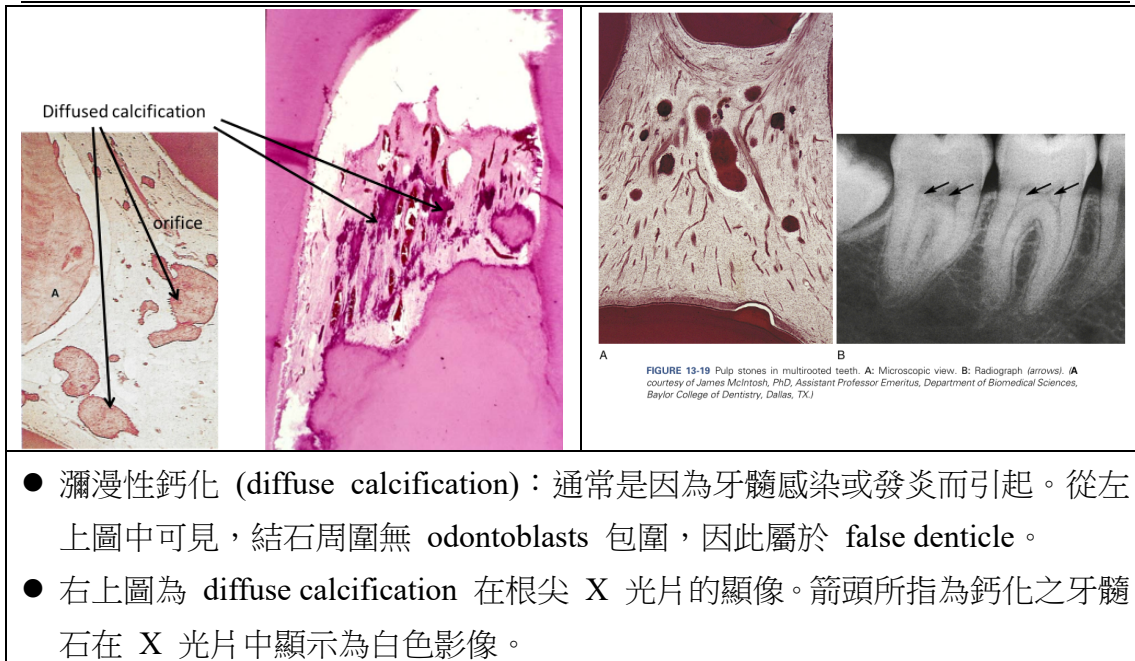


- 偽牙髓石 (false denticle)：由血栓、死細胞或膠原纖維鈣化而成，外觀呈同心圓狀，像年輪，是缺乏養分而造成鈣化(失養性鈣化, dystrophic calcification)。



- 真牙髓石 (true denticle)：結構具有 dentin、predentin、牙本質小管，而且被牙本質母細胞包圍。
- 游離牙髓石 (free stone)：結石周圍完全由軟組織圍繞，如左上圖。
- 附連牙髓石 (attached stone)：結石連接在牙本質上，如右上圖。





國考題

109-2-61.

關於牙髓石 (pulp stone) 的敘述，下列何者錯誤？

- A. 真牙髓石 (true pulp stone) 主要位於牙髓角 (pulp horn) 處
- B. 真牙髓石 (true pulp stone) 屬於牙髓石中較為罕見的結構
- C. 組織學上，真牙髓石周圍可見類似造牙本質細胞 (cells resembling odontoblast) 圍繞
- D. 牙髓石的存在，有時會造成根管治療上 (endodontic treatment) 的阻礙

103-2-53.

有關牙髓石 (pulp stone) 的敘述，下列何者正確？

- A. 常造成疼痛為需要根管治療的主因
- B. 其鈣磷含量比率與牙骨質相近
- C. 真牙髓石 (true pulp stone) 常見於根尖處
- D. 常見沉積於神經末梢旁

102-2-52.

True pulp stone 周圍由何種細胞圍繞？

- A. 造釉細胞 (ameloblast)
- B. 造牙骨質細胞 (cementoblast)
- C. 造牙本質細胞 (odontoblast)
- D. 造骨細胞 (osteoblast)

100-1-55.

下列有關牙髓石 (pulp stone) 之敘述，何者錯誤？

- A. 可以是接觸牙本質壁或呈游離狀態
- B. 可能為環繞死細胞之礦化組織
- C. 少見於根管內
- D. 常隨年齡增加而出現

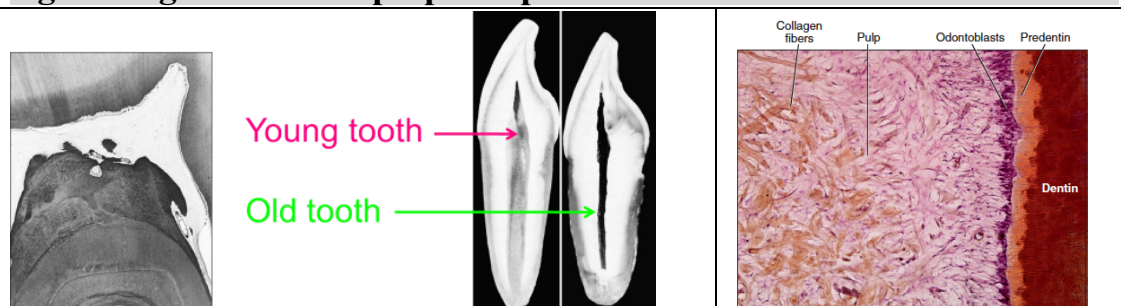
96-1-53.

下列有關牙髓石之敘述，何者錯誤？

- A. 為老年人常見的牙髓內鈣化組織

- B. 常造成疼痛需移除
- C. 真牙髓石 (true pulp stone) 常見於根尖處
- D. 其存在會影響根管治療

### Age changes of dentin-pulp complex



- 因年紀增加，secondary dentin 在牙髓腔及牙根持續沉積，會造成牙髓腔和根管體積的減少，而這樣的改變會導致牙髓腔的血管供應減少。
- 從 20 歲開始細胞數目逐漸減少，約 70 歲時，細胞密度大概已經下降到只剩一半。Odontoblast 的形態由高柱狀變成矮柱狀或扁平，有一部份產生細胞凋亡，剩下的細胞對刺激的反應則變得緩慢。
- Fibroblast 減少，膠原纖維的數量和大小增加，使年老的牙髓腔呈現許多纖維束的外觀。
- 細胞越少，膠原纖維相對就越多，不過 type 1 仍維持 60%，type 3 是 40%，意即兩者的比例不變。老年人根管治療比較困難是因為牙髓腔小，有時有 stone 或甚至是整個根管被塞住而使器械難以進入。
- 隨著年齡增加，有髓鞘和無髓鞘的神經軸突都會減少，使得牙齒的敏感度也隨之下降。
- 會發生不規則的失養性鈣化 (dystrophic calcification，為退化或壞死組織發生鈣化的情形)。
- 由於管周牙本質 (intratubular dentin) 持續堆積，造成牙本質小管管徑逐漸減少，甚至會把牙本質小管堵塞，形成硬化牙本質 (sclerotic dentin)。
- 靠近牙根尖的牙本質特別容易有硬化牙本質的形成。在牙本質磨片中可清楚看到變成透明狀。
- 牙本質易碎性增加，且通透性變差。
- 牙齒受到較大的刺激使小管內的 odontoblastic process 逐漸變性、分解使小管內充滿空氣而形成死道 (dead tract)。
- 死道也是一種牙本質隨年齡而有的改變。常見於牙冠部牙本質 (coronal dentin)，周圍常有硬化牙本質圍繞。常見於狹窄的 pulp horn，因為在這個區域的 odontoblast 比較擁擠。

	<p>1. Transmitted light 是從下面打上來的穿透光，當照到空氣(space，即 dead tracts) 因為無法穿透，所以看起來黑黑的。但硬化性牙本質則呈現白色。</p> <p>2. Reflected light 剛好相反。</p>	
	<p>1. 左圖為牙齒磨片，可見牙釉質被磨損而牙本質暴露。在近牙髓端可見修復性牙本質。</p> <p>2. 在正常牙本質的磨片中，因為 odontoblastic process 的分解，空的小管被空氣所充滿，也會出現像 dead tract 一樣的變化，但在相對應的牙髓則沒有修復性牙本質。</p>	
	Dead tract	Sclerotic dentin
Transmitted light	暗	亮
Reflected light	亮	暗

國考題

109-2-61.

關於牙髓組織老化的神經組織表現，下列敘述何者正確？

- A. 僅具有髓鞘的軸突 (myelinated axon) 會有退化 (degeneration) 的表現
- B. 僅不具有髓鞘的軸突 (unmyelinated axon) 會有退化 (degeneration) 的表現
- C. 不論是具有髓鞘或不具有髓鞘的軸突 (myelinated and unmyelinated axons) 都會有退化 (degeneration) 的表現
- D. 神經組織的退化 (degeneration) 與年紀無關

108-1-53.

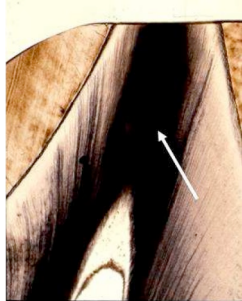
下列何者不是牙髓 (pulp) 組織老化的現象？

- A. 牙髓腔 (pulp chamber) 變小
- B. 失養性鈣化 (dystrophic calcification) 減少
- C. 牙髓血管 (blood vessel of pulp) 減少
- D. 牙髓神經 (nerve of pulp) 減少

106-1-51.

死道 (dead tract) 與下列何者有關？

- A. 牙本質小管 (dentinal tubule)
- B. 神經束 (neural bundle)
- C. 淋巴管 (lymphatic channel)
- D. 血管 (vascular channel)



**105-2-52.**

左圖為咬耗 (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. 修復性牙本質 (reparative dentin)
- C. 牙本質內死道 (dead tract in dentin)
- D. 硬化牙本質 (sclerotic dentin)

**103-2-54.**

臨床上齒髓炎 (pulpitis) 或齒髓壞死 (pulp necrosis) 的牙齒需要接受根管治療，才得以緩解病人症狀，進而將該牙保留下來。下列因素會使牙髓腔的空間窄縮變小，使得根管治療的困難度增加，何者除外？

- A. 牙髓石 (pulp stone) 的形成
- B. 繼生牙本質沈積 (secondary dentin deposition)
- C. 三級牙本質沈積 (tertiary dentin deposition)
- D. 牙本質死道形成 (dead tract formation in the dentin)

**101-2-55.**

下列關於牙髓老化的敘述，何者錯誤？

- A. 牙髓腔變小
- B. 牙髓細胞減少
- C. 牙髓石 (pulp stone) 增多
- D. 失養性鈣化 (dystrophic calcification) 減少

**99-2-51.**

下列有關牙髓隨年齡增加所發生變化之敘述，何者錯誤？

- A. 牙本質繼續沈積致牙髓腔變小
- B. 神經纖維數量降低，敏感性也變低
- C. 膠原纖維束及細胞都變多
- D. 形成牙髓石



## Response to environmental stimuli

- 刺激的大小對 pulp 有不同的影響。
- 對於漸進式的磨耗的應對與保護的機制（較小的刺激）：產生 sclerotic dentin 及 tertiary dentin。
- 牙齒年齡愈大，則磨耗愈大。
- 生理性硬化 (physiologic sclerosis)：管內牙本質或膠原纖維持續性的沉積或管內基質持續性的礦化，最後把 dentinal tubule 封閉。此現象在牙齒沒有受到刺激時會持續進行。
- 病理性硬化 (pathologic sclerosis)：因為受到外界的刺激，如齲齒，造成牙本質母細胞突的礦化或是在小管內沉積成再礦化結晶沉積 (remineralization crystals)。
- 在齲齒較淺的情況下，細菌產生的毒素或酸性物質會刺激牙本質母細胞，使之形成 sclerotic dentin 或產生 tertiary dentin，藉此將小管封閉起來。
- 在較深的齲齒，則會導致牙髓發炎。

### 國考題

99-2-50.

齲齒或牙齒磨耗 (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)

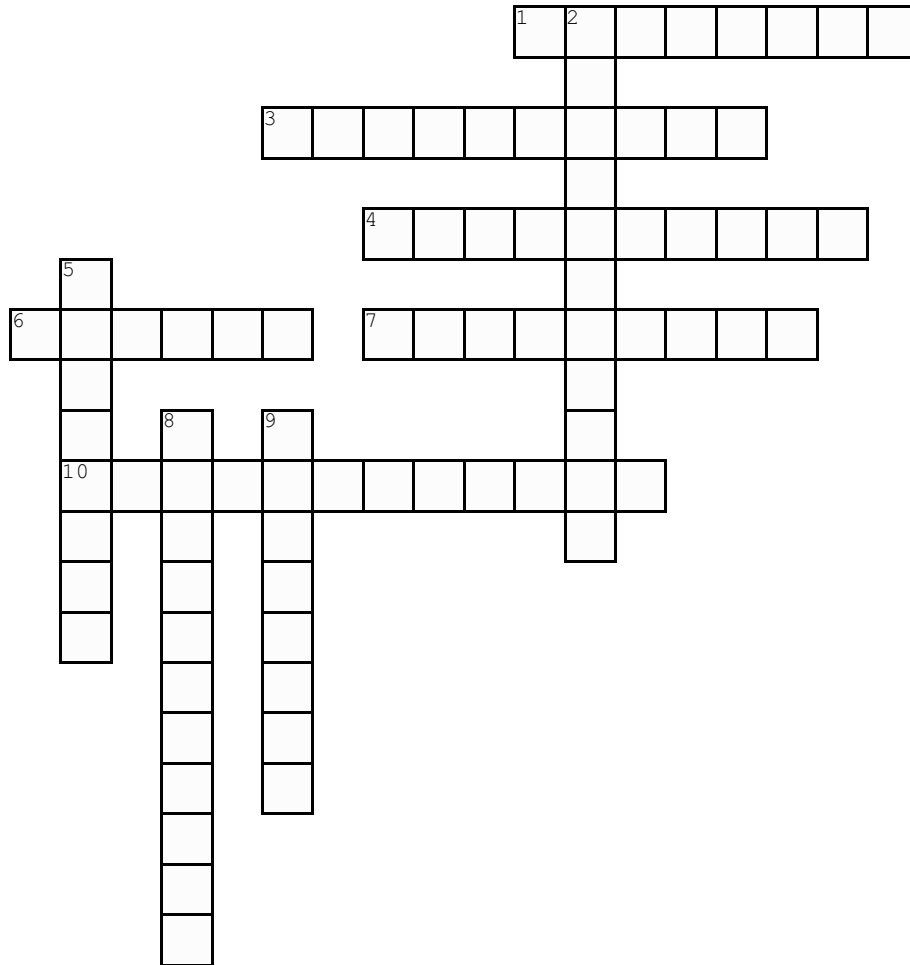
## 學習評量

1. 牙髓在組織學上分為幾層？各層有何特點？
2. 牙本質母細胞在牙髓腔各部位有何特點？並請敘述其外觀與細胞活性之間的關係。
3. 請敘述牙齒敏感三種學說的內容及其支持與反對的理由。
4. 何謂牙髓石 (pulp stone)？它是如何產生的？有那些種類？各有何特點？
5. 請敘述牙髓的增齡性變化及其對臨床產生的影響。

Name: \_\_\_\_\_

# Dentin and Pulp

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



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

## **Across**

1. Thick fibers of type III collagen running between adjacent odontoblasts and inserting into mantle dentin.
3. Dentin formed in response to a pulp exposure.
4. Accentuated contour lines in dentin resulting from disturbances in mineralization.
6. The outermost layer of dentin found in crown region adjacent to the DEJ.
7. The initial unmineralized matrix deposited by odontoblasts.
10. The popular theory that explains the mechanism by which tooth sensitivity is perceived.

## **Down**

2. A bone-like dentin structure that includes osteocytes within lacunae.
5. The name of the network of subodontoblastic nerves.
8. The cells responsible for the synthesis and secretion of the dentin extracellular matrix proteins.
9. Incremental lines occurring at five-day intervals during dentin formation.

# 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