

# 序

---

《驗光師國考系列 眼球解剖生理學》一書是依照驗光師國家考試之考試大綱編寫，逐一重點整理視覺系統之解剖位置、組織結構及生理功能，輔以圖表解說，有助於初學者掌握學習內容以及應試者提高備考能力。

胚胎學為解剖生理學基礎，理應先明瞭胚胎發育，再進一步了解各構造，但因胚胎學複雜性高，學習常因此受挫。依作者過去學習及教學經驗，若對眼睛結構先有通盤了解，可更容易領會眼球發育的過程。建議讀者先快速瀏覽胚胎學，接著詳讀其他章節，最後再回頭研讀胚胎學，做最後統整，可得事半功倍之效。

本書於每段章節之後附有歷屆驗光師國考試題協助掌握國考方向，試題解析幫助理解記憶，另外亮點在於增加美國驗光師考題，提供讀者更全面的自我測驗及複習。

特別感謝眼科學及視光學雙巨擘楊文卿主任邀約編寫。楊主任提攜後進，不遺餘力。本人能與著作等身的楊主任成為本書共同作者，甚感光榮。

最後感謝金名圖書有限公司邱宇健先生及編輯部，於編寫期間，不厭其煩協助編修，特此致上謝意。本書如有未盡完善之處，請讀者不吝指教。

邵儀菁

2020年10月

# 目錄

---

---

序 .....	iii
壹、眼球胚胎學 .....	1
貳、骨性眼眶 .....	23
參、眼球附屬器與淚液系統 .....	35
肆、眼外肌及眼球運動 .....	57
伍、角膜與鞏膜 .....	85
陸、葡萄膜 .....	119
柒、視網膜 .....	133
捌、水晶體 .....	181
玖、房水與玻璃體液 .....	201
拾、眼眶的血液供應 .....	219
拾壹、眼睛的神經支配 .....	237
拾貳、視覺路徑 .....	273

## 壹、眼球胚胎學

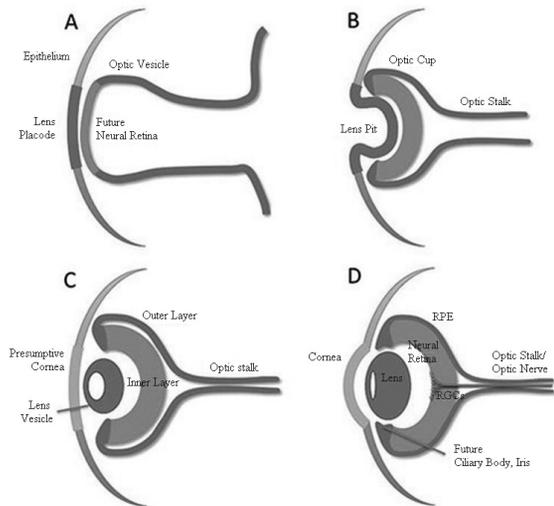
## 壹、眼球胚胎學

### 重點複習

\* 眼球結構胚胎來源：（內胚層：無參與眼球成長）

神經外胚層	表面外胚層	神經嵴 / 間質細胞 (主要發育成結締組織)	中胚層
視網膜色素上皮 神經視網膜 視神經纖維 神經膠細胞 虹膜 / 睫狀體上皮 虹膜括約肌和擴張肌	水晶體 角膜 / 結膜上皮 眼瞼上皮 睫毛、瞼板腺 淚腺 各種腺體的上皮細胞 鼻淚管的上皮	角膜內皮（衍生形成德斯密氏層） 角膜基質（衍生形成鮑曼氏層） 虹膜 / 睫狀體基質 睫狀肌 / 懸韌帶 / 小樑網 葡萄膜結締組織及色素細胞 大部分鞏膜 二級玻璃體（包含玻璃體細胞） 視神經腦膜鞘 眼眶軟骨及硬骨	眼外肌 血管的內皮細胞

\* 胚胎發育時，前腦（forebrain）的間腦部分向兩側突起，形成左右對稱的視泡（或譯為視囊）（optic vesicles），視泡與神經管相通。視泡遠端中央向內凹陷形成視杯（optic cup）。視杯是由兩層神經外胚層所組成，內層和外層細胞的排列方式是頂端靠著頂端。



(1) 視杯的外層：將會變成視網膜色素上皮細胞、睫狀體的外層色素上皮細胞及虹膜的前色素肌上皮層。

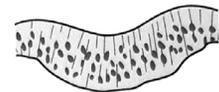
(2) 視杯的內層：將會變成神經視網膜（neurosensory retina）、睫狀體的內層非色素上皮細胞及虹膜的後色素上皮層。

- \* 視泡遠端膨大而貼近表面外胚層，誘發表面外胚層增厚形成水晶體板。隨後水晶體板與表面外胚層脫離，形成水晶體泡。
- \* 視泡包圍水晶體的上方及兩側，下方會內陷形成視裂（optic fissure）或稱作脈絡膜裂。視裂內含有間質及玻璃體動脈、靜脈，提供玻璃體發育營養。
  - 隨著視裂閉合（由中間開始），玻璃體動、靜脈會退化，遺留殘跡稱作玻璃體管，近端則分化為視網膜中央動靜脈。
  - 視裂如果閉鎖不全會導致後續衍生形成構造，如視神經盤、視網膜、睫狀體、或虹膜這些結構在鼻側下方出現缺陷，稱作眼裂損（coloboma）。
- \* 圍繞視杯和水晶體泡的中胚層形成脈絡膜和鞏膜的起源。

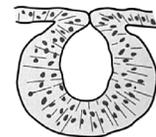
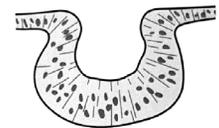
## A. 水晶體

1. 發育中的視泡會誘發表面上胚層形成水晶體板，水晶體板會內陷形成水晶體泡，於第 33 天左右，脫離表面上胚層。
2. 水晶體泡由單層細胞組成，細胞頂端圍著空腔，外圍是基底膜，基底膜未來會變成水晶體的被囊（capsule）。
3. 水晶體泡後方的上皮細胞會分化並延展形成初級水晶體纖維（**primary lens fibers**）；之後，這些纖維持續生長，並向前方延伸，最後充滿整個水晶體泡形成胚胎核（embryonic nucleus）。所以在完全發育成熟的水晶體後囊下方，缺乏上皮層。
4. 前方的上皮細胞則保留於原位，位於赤道前方的上皮層生發區（germinative zone）會持續細胞分裂，新的細胞發育形成次級水晶體纖維（**secondary lens fiber**），排列在胚胎核的外圍。（請見第捌章）
5. 次級水晶體纖維包圍胚胎核的外圍，前方匯集成正立的 Y 型縫線，後方則形成倒立的 Y 型縫線。
6. 35 周時，水晶體直徑約 6 mm；在出生時，水晶體大小幾乎是成人尺寸，但是接近球型。
7. 人的一生當中，水晶體會持續不斷地生長。隨著年齡增長，逐漸增厚。

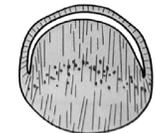
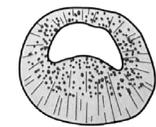
水晶體板



水晶體泡



拉長的後方上皮形成初級晶狀體纖維 Primary lens fibers



## B. 角膜

1. 最先發育的是角膜上皮細胞，由表皮外胚層發育而來。於第 33 天左右，水晶體脫離表面上胚層後開始發育。
2. 胚胎第六周，第一波間質細胞（神經嵴細胞）移動進入水晶體和角膜上皮之間，形成角膜內皮細胞。
3. 發育第八周，由第二波の間質細胞（神經嵴細胞）移動到角膜上皮和內皮細胞之間，形成角膜基質層。
4. 第三波の間質細胞（神經嵴細胞）移動到角膜內皮細胞和水晶體之間，形成瞳孔膜。
5. 約第三個月，內皮細胞形成基底層，就是將來的德斯密氏層（Descemet's membrane）。
6. 鮑曼氏層（Bowman's layer）於第四個月時出現，是前基質層的纖維母細胞與上細胞分泌物所構成。角膜發育中最晚形成的組織。
7. 出生時的角膜較陡峭，屈光度為 55D，6 個月大時降為 44D。

## C. 鞏膜

1. 鞏膜一開始由眼球前方靠近角鞏膜的一間質細胞（神經嵴脊細胞）聚集先形成前半段，之後再往眼球後方生長，直到抵達視神經為止。往後再與腦部硬腦膜組織相接。
2. 在胚胎發育第四個月，鞏膜後端包覆神經纖維的篩板（lamina cribrosa）已完成。

## D. 瞳孔膜（pupillary membrane）

1. 於胚胎發育第 3 個月時，瞳孔膜在水晶體上皮與角膜內皮之間生成，取代了血管膜。
2. 瞳孔膜是暫時的結構，內含第三波移動過來的間質細胞（神經嵴細胞），以及虹膜大環（major circle of iris）的血管分枝。
3. 於胚胎發育第 6 個月時，瞳孔膜中央的血管開始退化，變成無血液區域，最後瞳孔膜中央被吸收後消失。
4. 瞳孔中央區域吸收不完全，會形成像蜘蛛網一樣的瞳孔殘膜（persistent pupillary membrane）。
5. 睫狀肌在第 4 個月期間形成。括約肌在第五個月左右開始發育，擴張肌在第六個月之後開始發育。

## E. 視網膜

1. 視網膜色素層是視網膜最先分化的一層，由視杯的外層發育而來。
2. 視杯的內層於胚胎第 7 周時，形成內與外神經母細胞層，兩層中間以 Chievitz 纖維層隔開，接著陸續分化成神經視網膜（如下圖 1-1）。

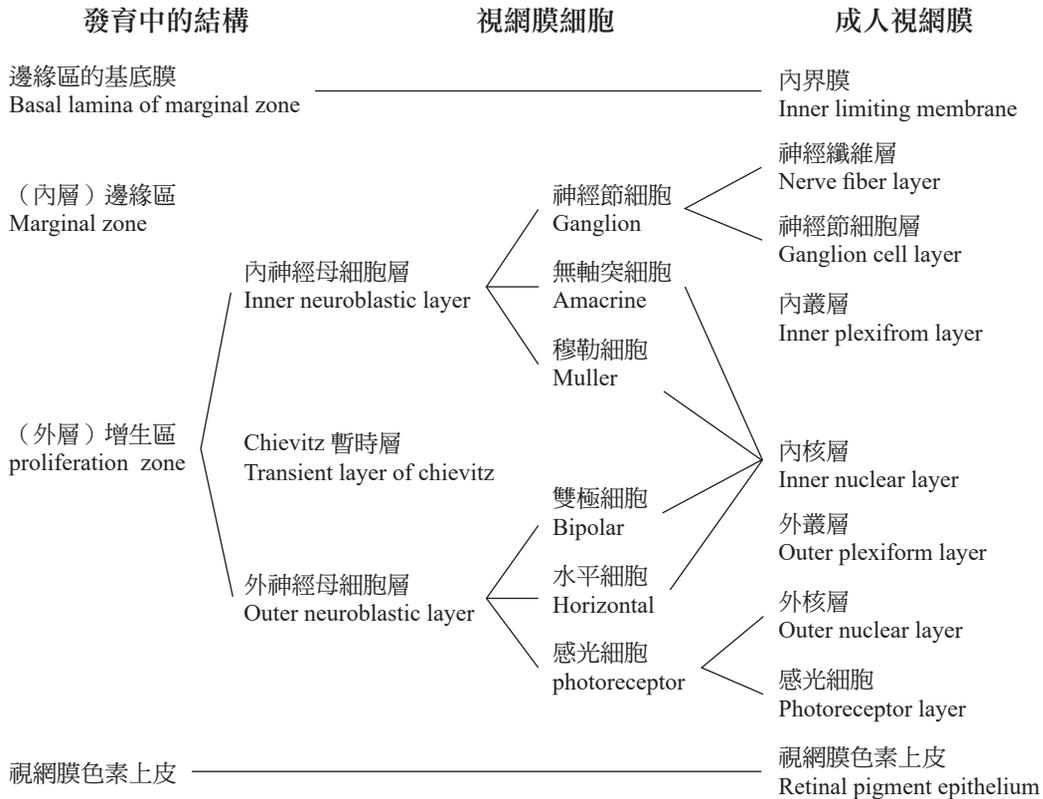


圖 1-1 視網膜發育的流程圖

3. 胚胎發育第 5 個月，感光細胞才開始分化，是神經視網膜最晚分化的細胞。感光細胞由錐狀細胞先起始，第七個月桿狀細胞才開始分化。
4. 神經視網膜的細胞由視杯中央開始分化逐漸擴及周邊。但中央凹是視網膜發育過程中最晚成熟的區域。
5. 黃斑部中央凹是視網膜發育過程中最晚成熟的區域。中央凹隨著錐狀細胞往中央移入及神經節細胞與內核層細胞往周圍移動逐漸成形。
6. 視網膜血管：視裂（optic fissre）閉合為視柄後，視柄內的玻璃體動脈（hyoid artery）成為日後的中央視網膜動脈（central retinal artery）；視柄內的上頷靜脈（maxillary vein）分枝，成為日後的中央視網膜靜脈（central retinal vein）。周邊小靜脈和微血管網，但需要到出生後約三個月，視網膜血管才會發育完全，位於顛側的視網膜血管比位於鼻側的視網膜血管更晚發育。

## F. 脈絡膜

1. 脈絡膜發育首先形成一層小血管，即脈絡膜微血管，其具有微孔結構。接著發展出一層外層的較大血管，它們形成渦靜脈和後睫狀循環的分支。隨後，在脈絡膜微血管和外層較大血管之間形成了一層中層的動脈小分支。黑色素細胞在懷孕後期才在脈絡膜中發育。
2. 脈絡膜血管於胚胎第 2 個月出現，脈絡膜微血管於發育第 12 周可見，布魯克氏膜（Bruch's membrane）於第四個月開始生成。大型及中型血管於發育第 5 個月清楚可見。脈絡膜上板層（suprachoroidal lamina）發育最遲。
3. 胚胎發育中期，布魯克氏膜的彈性層已經出現，脈絡膜血管層的基底膜最後才生成。

## G. 玻璃體

1. 玻璃體發育需水晶體存在才可能發生。
  - (1) 初級玻璃體：在胚胎初期，水晶體囊泡和視杯內層之間的空間充滿了原纖維、間質細胞和玻璃體血管，構成了初級玻璃體。隨著胚胎發育會逐漸萎縮，萎縮的初級玻璃體的殘留物稱作 Cloquet 管（Cloquet canal）。
  - (2) 次級玻璃體：由初級玻璃體的間質細胞分化而來的透明細胞（hyalocytes）發育而成。次級玻璃體是無血管的，由 II 型膠原原纖維和透明質細胞（hyalocyte）組成，包圍著初級玻璃體。次級玻璃體到成年期依然存在。
  - (3) 三級玻璃體，被認為可能是懸韌帶的來源：位於水晶體赤道區與睫狀體之間位置，可能是次級玻璃體的膠原纖維的凝結而成。
2. 胚胎發育第 5 周，頸內動脈的一條分支經由視裂進入視杯，形成玻璃體動脈，分布在玻璃體腔內及水晶體後表面。
3. 玻璃體腔內玻璃體血管系統於第 3 個月時發育達到高峰期，之後開始萎縮，到出生時完全消失。
4. 玻璃體血管系統在胚胎發育期留下的殘餘物，在視神經頭的殘留物，稱作 Bergmeister 氏乳頭（Bergmeister's papilla）；在水晶體後方表面的點狀殘留物，稱作 Mittendorf 氏點（Mittendorf dot）。
5. 玻璃體動脈如果完整殘留下來，穿過整個玻璃體則是非常罕見，稱作 persistent hyperplastic primary vitreous。

## H. 視神經

1. 連結視泡和前腦的視柄會發育成視神經。
2. 當視裂（optic fissure）沿著視柄下方的凹陷出現時，形成雙層的視柄結構。

3. 視柄外層變成神經膠質鞘（neuroglial sheath）環繞視神經；也構成篩版的神經膠細胞。
4. 視柄內層在胚胎發育早期會進行細胞凋亡，以提供神經節細胞（ganglion cells）的軸突通過的管道；內層的其他細胞則會形成視神經內的神經膠細胞。
5. 於胚胎第 5 個月，當神經節細胞的軸突抵達外側膝狀體時，髓鞘的形成就會開始由後往前進行。於出生後 1 到 3 個月左右，髓鞘往前方抵達篩板的位置。正常狀況下，髓鞘不會越過篩板進入視網膜內。

## I. 眼瞼

1. 於胚胎第 2 個月早期時，由表面外胚層內含間葉組織的褶片形成，上下兩片褶片會往發育中的角膜前端互相靠近融合，將來會變成眼瞼（eyelids）構造。
2. 上方褶片來自於額鼻突（frontonasal process），下方褶片來自於上頷突（maxillary process）。
3. 胚胎第 3 個月時，上下眼瞼會互相融合在一起，以保護眼球。大約第五個月，眼瞼開始分離，到第 7 個月才完全分離。

## J. 眼眶

1. 眼眶比視杯晚形成；視杯的發育預先決定眼眶的大小和形狀。
2. 眼眶內的脂肪和結締組織是由神經嵴細胞發育而來。
3. 最早出現的眼眶骨是上頷骨，在第 6 周出現。
4. 大部分的眼眶骨在第 6 至 7 個月間進行骨化作用，並且融合在一起。
5. 雙眼眼眶的夾角在發育早期大約呈 180 度，發育 3 個月時夾角減到 105 度，出生時夾角是 71 度左右，到了成年期夾角變成 68 度。
6. 眼球在 3 歲已達到成年的大小，但是眼眶要到 16 歲時才會達到成年的大小。

## 試題解析

(C) 1. 下列何者不含有神經脊細胞分化來的組織？

- (A) 小樑網 (trabecular meshwork)  
 (B) 角膜內皮 (corneal endothelium)  
 (C) 睫狀體上皮 (ciliary epithelium)  
 (D) 虹膜基質 (iris stroma)

112

高師 -01

## 【詳解】

胚胎組織	眼球結構
神經外胚層	視網膜色素上皮細胞 視網膜 虹膜肌肉 視神經纖維
表面外胚層	水晶體 角膜上皮細胞 淚腺 眼瞼上皮層 結膜上皮層 各種腺體的上皮細胞
神經嵴	眼球內結締組織 角膜內皮細胞 睫狀肌 玻璃狀體 眼球組織：眼眶神經 軟骨 硬骨
中胚層	眼外肌 血管的內皮細胞

(C) 2. 水晶體是發育自胚胎的那一層？

- (A) 內胚層 (endoderm)  
 (B) 中胚層 (mesoderm)  
 (C) 表面外胚層 (surface ectoderm)  
 (D) 神經外胚層 (neural ectoderm)

112

高師 -02

【詳解】參閱 p8，112 高師 -01 題解答。

- (C) 3. 在胚胎成長時期，視網膜色素上皮細胞 (retinal pigment epithelium) 是來自下列何種胚胎組織？ 111  
高師 -01
- (A) 視網膜盤 (retinal disk)  
(B) 表面外胚層 (surface ectoderm)  
(C) 視杯外層 (outer layer of optic cup)  
(D) 神經脊的間質 (neural crest-derived mesenchyme)

【詳解】參閱 p8，112 高師 -01 題解答。

- (B) 4. 嬰兒出生後，角膜的發育大約在幾歲達到成人的大小？ 111  
高師 -02
- (A) 1 歲前 (B) 2 至 3 歲  
(C) 4 至 5 歲 (D) 6 至 7 歲

【詳解】嬰兒階段，角膜繼續生長，在 2 歲左右達到成人大小，直徑為 11.7 mm，前表面曲率 44.1 D，中央角膜厚度平均為 544  $\mu\text{m}$ 。此後，它的大小、形狀、透明度或曲率變化很小，儘管隨著年紀增長角膜形狀從順散光到逆散光的變化。

- (A) 5. 有關玻璃體導管 (Cloquet's canal) 之敘述，下列何者錯誤？ 110  
高師 -01
- (A) 為胚胎發育時，次級玻璃體 (secondary vitreous) 退化後的遺跡  
(B) 自水晶體後方連結至視神經  
(C) 為玻璃體動脈 (hyaloid artery) 消失後的管狀空間  
(D) 連結視神經處為 area of Martegiani

【詳解】Cloquet 氏管又稱為玻璃體管或水晶體後路徑，位於玻璃體的中央，呈 S 形，為胚胎期間玻璃體動脈系統形成的位置，正常情形下，玻璃體血管會在出生時完全被吸收而消失。

Cloquet 管源於水晶體後空間，其前表面直徑約為 4~5 mm。最後終端在 Martegiani 氏區，此區是位於視神經頭處的一個漏斗形空間，往前延伸進入玻璃體與 Cloquet 氏管連接。

- (C) 6. 下列何者發育自胚胎的中胚層？ 110  
高師 -02
- (A) 結膜 (B) 角膜表皮細胞  
(C) 視網膜中心動脈 (D) 視網膜色素細胞

【詳解】參閱 p8，112 高師 -01 題解答。

- (C) 7. 有關眼球的胚胎發育過程，下列何者錯誤？
- (A) 大約在胚胎形成第 22~25 天，眼睛開始發育
- (B) 大約在胚胎形成第六週的末期，脈絡裂或是眼裂 (choroidal or optic fissure) 開始關閉，若關閉不完全會造成缺陷瘤 (coloboma)，缺陷主要在眼球下部的構造缺損
- (C) 眼外肌也是源自於外胚層的神經脊 (neural crest)
- (D) 視網膜的中央窩在嬰兒剛出生時，仍存有神經節細胞 (ganglion cells)

109

高師 -01

【詳解】參閱 p8，112 高師 -01 題解答。

眼睛在懷孕第二週起開始成長

視力始基 (optic primordium) → 視溝 → 視泡 → 視杯

視杯預先決定了眼眶大小和形狀，出生後眼眶與眼球的成長一致。

眼瞼剛開始是連在一起的，在胚胎第五到第七個月之間才分開來。

- (D) 8. 下列何組織的胚胎來源不包含神經脊細胞？
- (A) 角膜 (B) 鞏膜
- (C) 虹膜 (D) 視網膜

109

高師 -03

【詳解】參閱 p8，112 高師 -01 題解答。

- (B) 9. 有關虹膜的發育，下列何者錯誤？
- (A) 起始於視杯邊緣的神經上皮細胞移入角膜與水晶體之間
- (B) 瞳孔擴張肌 (dilator pupillae) 的發育早於瞳孔括約肌 (sphincter pupillae)
- (C) 瞳孔括約肌發育自前虹膜色素上皮細胞 (anterior iris pigment epithelial cells)
- (D) 瞳孔擴張肌發育自前虹膜色素上皮細胞

109(一)

特師 -02

【詳解】胚胎第 3 個月末期，視杯的最前緣開始拉長，並往水晶體和角膜之間生長。

胚胎第 5 個月時，發育瞳孔括約肌；胚胎第 6 個月時，瞳孔擴張肌在上皮層內發育。括約肌與擴張肌都來自神經外胚層。