

第一章 生理

眼球屈折狀況
專題討論

● 眼球屈折狀況

眼睛是一個特殊的感光器官，這個器官接受外界進來的光線刺激，並將這些刺激訊息傳遞到反應器官。這些傳遞光線刺激的介質包括角膜、葡萄膜、眼房水、虹膜、瞳孔、水晶體、玻璃體，在視網膜、黃斑部將這刺激訊息轉換成為神經衝動，並將它傳遞到大腦。

這種將入射眼睛的光線適當的屈折，使它在視網膜的感光細胞上結像的機轉，稱為「眼球的屈折」。眼球在沒有調節的狀態下，稱為靜態的屈折（**static refraction**）；相對的，經過調節作用改變水晶體的屈折率，因而暫時改變眼睛裡面的屈折狀況，稱為「動態屈折」（**dynamic refraction**）。

靜態屈折狀況包括正視（**emmetropia**）、近視（**myopia**）、遠視（**hyperopia**）、及散光（**astigmatism**）；對正視而言，其他的屈折狀況稱為非正視眼（**ametropia**）或屈光異常（**refraction error**）。

正視眼

正視眼的定義為從無限遠的光線，在沒有調節的狀況下，光線從角膜、水晶體、玻璃體行進並且在視網膜中心窩的感光細胞結像。這表示正視眼可以看清楚遠處的物體，位在眼前的有限距離狀況下，遠方的這一點稱為遠點（**far point**）。在光學上，這是視網膜中心窩結像的共軛點。

非正視（**ametropia**）

非正視眼而言，如果非正視眼是由於眼軸的長度異常，以致光線無法投映在視網膜上，這種狀況稱為軸性非正視眼（**axial ametropia**）；如果是由於屈折性因素所引起的，則稱為屈光性非正視眼（**refractive ametropia**）。

就正視眼與非正視眼的關係而言，如果遠距離的物體影像，聚焦在視網膜前面，這種現象稱為近視；如果聚焦在視網膜後面，這種現象稱為遠視；如果進到眼睛裡面的光沒有辦法聚焦在一點，而形成前後兩個焦點，這種現象稱為散光。

近 視

人在無調節的狀況下，來自遠方的平行光線在視網膜前面結像，這種現象稱為近視。近視眼的遠點在眼睛前面的有限距離。

近視因其成因分為軸性近視及屈折性近視：

1. 軸性近視：這種狀況是指眼球的光學系統大致在生理的合理範圍內，但是因為眼軸比一般狀況還長，以致焦點落在視網膜前面。一個正常的眼球長度為24mm，若眼軸增長1mm，大約會形成3D的近視。
2. 屈折性近視：這種狀況眼軸的長度大致正常，但是由於眼球傳遞光線的介質屈折力太強而形成的近視。

遠 視

人在無調節的狀況下，來自遠方的平行光線在視網膜後面結像的屈折狀況，稱為遠視。遠視的遠點在眼球後面的有限距離。因此遠視屈光異常在沒有調節的狀況下，沒有辦法獲得一個清楚的影像。

遠視依發生的原因也可分為兩大類：

1. 軸性遠視：這種狀況是指眼球的光學系統大致在生理的合理範圍內，但是因為眼軸比一般狀況還短，以致焦點落在視網膜後面。
2. 屈折性遠視：這種狀況眼軸的長度大致正常，但是由於眼球傳遞光線的介質屈折力太弱而形成的遠視。

散 光

由於眼球光學系統的屈折面並不是一個球面，以致由外界的平行光線進入到眼睛之後沒有聚焦在一點，這時不論是使用凹透鏡或凸透鏡都無法得到一個清楚的影像。

就散光屈光異常而言，有下列幾種類型：

1. 近視性複性散光（myopic compoun astigmatism）：就是前後兩個徑線，都是在視

網膜前面聚焦，呈近視狀態。這兩個方向的遠點都是在眼睛前面的有限距離。

2. 近視性單性散光（**simple myopic astigmatism**）：就是兩個徑線當中，其中有一個徑線聚焦在視網膜上，另一個徑線在視網膜前面聚焦。這兩個方向的遠點，聚焦在視網膜上那一個徑線的遠點在無限遠，而聚焦在視網膜前面那一個徑線的遠點在眼睛前面的有限距離。
3. 混合性散光（**mixed astigmatism**）：就是兩個徑線當中，其中有一個徑線在視網膜前面聚焦，另一個徑線在視網膜後面聚焦。
4. 遠視性單性散光（**simple hyperopic astigmatism**）：就是兩個徑線，其中有一個徑線在視網膜上面聚焦，另一個徑線在視網膜後面聚焦。
5. 遠視性複性散光（**hyperopic compoun astigmatism**）：就是兩個徑線都是在視網膜後面聚焦。

調 節

當一個人的兩眼，從固視一個距離的物體改變成觀看另一個距離的物體時，眼睛裡面水晶體產生的屈光度，以及視軸的相對位置必須改變，這樣才能夠使視網膜保持定義為清楚敏銳的影像，同時維持著兩眼固視。因此，如果一個觀察者，兩眼同時固視一個位在兩眼中間離開額平面6m的物體，當物體逐漸靠近到達頭部時，眼睛裡面水晶體產生的屈光度必須逐漸增加，這樣才可以使接近的物體影像能夠清楚的聚焦在視網膜。屈光度增加的同時，兩眼視軸之間形成的夾角也必須逐漸增加，這樣物體影像才能夠保留在視網膜中央窩上。相反的，如果固視物體自近距離逐漸離開，就會產生相反的過程。如果固視物體的距離不連續時，就像從一個固視距離跳躍式的看到另一個距離時，眼睛裡面的屈折狀況及視軸的相對位置也必須迅速變化。

眼睛為了確保一個清晰的視網膜影像，眼睛裡面水晶體造成的屈光度變化，稱之為調節（**accommodation**）。視軸相對位置變化時，如果兩眼視軸之間形成的夾角增加，我們稱之為輻輳（**convergence**），而當夾角減少，則稱之為開散（**divergence**）。另外，在觀看近距離物體時，同時也會伴隨發生縮瞳的現象。

在固視近距離時，會發生調節、輻輳、及縮瞳這三個動作，由這三個動作的組

合，我們將它稱為近距離視力組合（near vision complex），也有人將它稱為三合一的動作。這種三合一的動作，並不是一個真正的反射動作，而是一個不由自主的聯帶運動，那是因為觀看近距離物體時所引發不同作用的組合。可以分開來想這當中的每一個作用。

老花眼

老花眼是「這是隨著年齡出現，調節能力衰微的正常現象，這時候要觀看近距離物體時，需要使用一個正加入度的鏡片才能作滿意觀看，有時候也可以以調節近點衰退到超出20cm以外這種方式確認。」老花眼主要的症狀是近距離視力模糊或閱讀細微字體的時候有困難。老花眼的人，在問診的時候經常會報告，閱讀的時候必須將資料移得更遠才看得清楚。他們偶爾也會陳述，要閱讀時眼睛會有「拉扯」的現象或是心理感覺到緊張。對老花眼症候所下的定義是調節幅度降低。

矯正屈光異常

矯正屈光異常的目的是使光線能夠聚焦在視網膜上。這時候，必須先了解到屈光異常的種類。

在近視屈光異常時，由於聚焦在視網膜前面，因此，必須使用凹透鏡將聚焦點往後推到視網膜上。在遠視屈光異常時，由於聚焦在視網膜後面，因此，必須使用凸透鏡將聚焦點往後推到視網膜上。在散光屈光異常時，由於聚焦在一點，而形成前後兩個焦線，因此，必須使用散光鏡片分別將焦線移到視網膜上。

在老花眼的案例時，除了要矯正遠用的屈光異常以外，還要另外一副近用的矯正度數。

專題討論

1. 何謂正視（emmetropia）？
2. 何謂近視（myopia）？分成幾種類型？
3. 何謂遠視（hyperopia）？分成幾種類型？

4. 何謂散光（astigmatism）？分成幾種類型？
5. 近距離視力組合（near vision complex）是由幾種運動組合而成？
6. 解釋名詞：
 - a. 近視性複性散光（myopic compoun astigmatism）
 - b. 近視性單性散光（simple myopic astigmatism）
 - c. 軸性非正視眼（axial ametropia）
 - d. 屈光性非正視眼（refractive ametropia）
 - e. 混合性散光（mixed astigmatism）
 - f. 遠視性單性散光（simple hyperopic astigmatism）
 - g. 遠視性複性散光（hyperopic compoun astigmatism）
 - h. 調節（accommodation）
 - i. 輻輳（convergence）
 - j. 開散（divergence）

第二章 光 學

折射

鏡片毛胚的厚度

弓形高

鏡片度數計算

計算中心厚度邊緣厚度

在球面散光鏡片各個徑線的屈光度

鏡片度數

鏡片度數、影像的距離及倍率

鏡片的公式

後頂點、後頂點度數計算

頂點距離改變時鏡片的有效度數

近視的遠點在眼前有限的距離

遠視的遠點在眼後有限的距離

頂點距離變化所造成的度數變化

頂點距離度數變化

頂點距離計算公式

眼鏡及隱形度數變化

眼鏡片的倍率

最小錯亂圓

傾斜散光的變化

像差

稜鏡

專題討論

● 折 射

光線不只是會從表面彈開（反射），它也會通過透明的介質，在這過程中光線行進的速度會慢下來，並且行進的方向會改變。這個過程就稱為折射（refraction）。

光線在空氣中每秒行進的速度為186,000英哩。光線在水中每秒行進的速度為140,000英哩。如果將空氣中行進的速度和其他介質作比較，我們會得到一個比值，稱為折射率。

$$\text{折射率} = \frac{\text{光線在空氣中的行進速度}}{\text{光線在其他介質中的行進速度}}$$

例1：找出水的折射率？

$$\text{折射率} = \frac{186,000}{140,000} = 1.33$$

例2：如果玻璃的折射率為1.52，請問光線在玻璃中每秒行進的速度為何？

$$\text{折射率} = \frac{\text{光線在空氣中的行進速度}}{\text{光線在玻璃中的行進速度}}$$

$$\text{折射率} = \frac{186,000}{\text{光線在玻璃中的行進速度}} = 1.52$$

$$\text{光線在玻璃中每秒行進的速度} = \frac{186,000}{1.52} = 122,370$$

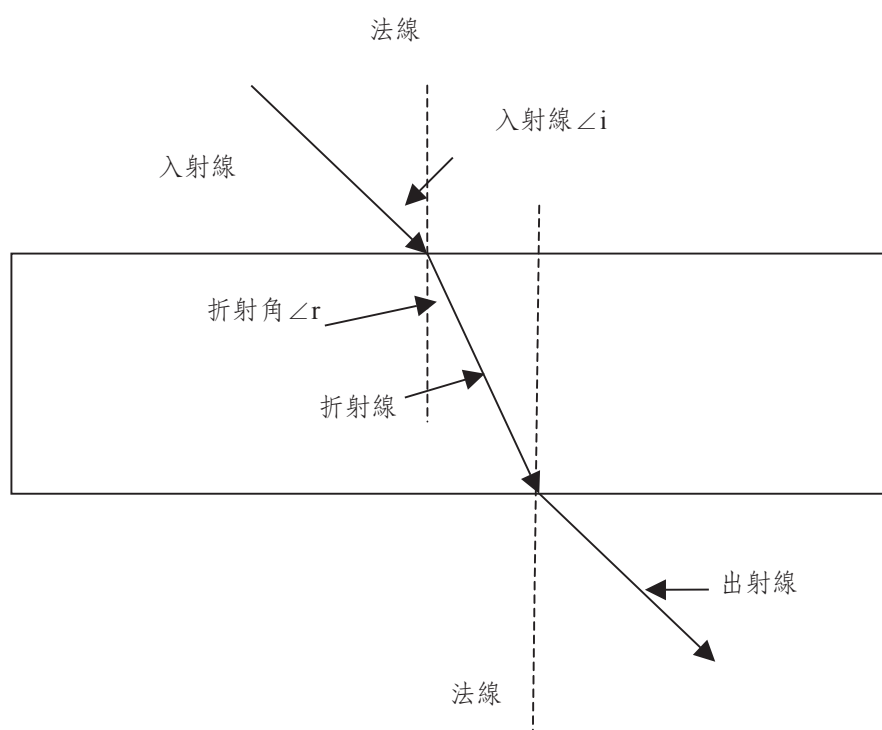
122,370英哩 / 秒

折射定律

折射是光線由第一介質進入可穿透的第二介質時，因而造成光射線行進方向的變化。

光線折射時，會沿著幾個特定的法則進行，我們將它稱為折射定律：

1. 當光線以傾斜的方向，從一個密度比較疏的介質進入另一個密度比較密的介質時，進入到第二介質後，光射線的行進方向會往法線方向折彎。
2. 當光線以傾斜的方向，從一個密度比較密的介質進入另一個密度比較疏的介質時，進入到第二介質後，光射線的行進方向會往離開法線的方向折彎。
3. 當光射線以垂直方向入射到一可穿透介質表面時，光線不會折彎，但由於第二介質密度的關係，光線行進的速度會變慢。



決定折射量的兩個因素是：

1. 介質由於折射率，因此對光線造成的妨礙。
2. 斜方向的入射線。

定 義

1. 法線——一條想像中的線條，這條線通過入射點並且和介質表面垂直。
2. 入射線——碰觸到折射介質表面的光射線。
3. 折射線——光線進入第二介質後形成的射線。
4. 出射線——光線離開第二介質後形成的射線。
5. 入射角 $\angle i$ ——入射線及法線之間的角度。
6. 折射角 $\angle r$ ——折射角及法線之間的角度。

光線折射的定律中，最基本的公式之一是**Snell**定律，這是由提出這個定律的人來命名。在一個已知折射率的介質，對折射線所造成的偏離是和入射角的正弦值（ $\sin\theta_i$ ）成比率（而不是和入射角 θ_i ）。

Snell折射定律

折射率及入射角之間的關係等於第二介質的折射率及折射角之間的關係。更精確的說，不是角度本身的關係，而是入射角的正弦函數值建立了**Snell**的折射定律。

因此，第一介質的折射率及入射角正弦函數值的乘積等於第二介質的折射率和折射角正弦函數值的乘積。

$$\sin \theta_r = \frac{N_1 \sin \theta_i}{N_2}$$

入射角的正弦函數值 = $\sin\theta_i$

折射角的正弦函數值 = $\sin\theta_r$

第一介質的折射率 = N_1

第二介質的折射率 = N_2

$$N_1 \sin\theta_i = N_2 \sin\theta_r$$